



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TEMA:

“Aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos para la producción de Vermicompost, a partir de Lombricompostaje, en la ciudad de Guayaquil”

Previa la obtención del Título

INGENIERA AGROPECUARIA

con mención en Gestión Empresarial Agropecuaria

ELABORADO POR:

MARÍA BELÉN CAJAS AGUAYO

GUAYAQUIL, AGOSTO DE 2012



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Srta. María Belén Cajas Aguayo como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERA AGROPECUARIA.

Guayaquil, Agosto de 2012

TUTOR

REVISIÓN REDACCIÓN TÉCNICA

.....

(Ing. John Franco Rodríguez, M. Sc.)

.....

(Eco. Miguel Riofrío Higuera M. Sc.)

REVISIÓN ESTADÍSTICA

REVISIÓN DEL SUMMARY

.....

(Ing. Ricardo Guamán Jiménez, M. Sc.)

.....

(Dr. Patricio Haro Encalada, M. Sc.)



INGENIERÍA AGROPECUARIA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

MARÍA BELÉN CAJAS AGUAYO

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “Aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos para la producción de Vermicompost, a partir de Lombricompostaje, en la ciudad de Guayaquil”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Guayaquil, Agosto del 2012

LA AUTORA

MARÍA BELÉN CAJAS AGUAYO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

Yo, MARÍA BELÉN CAJAS AGUAYO

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del proyecto titulado: “Aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos para la producción de Vermicompost, a partir de Lombricompostaje, en la ciudad de Guayaquil”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Agosto del 2012

LA AUTORA

MARÍA BELÉN CAJAS AGUAYO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a todos los seres de luz y a mis maestros visibles e invisibles.

Entre ellos a Jesús, a mi familia, amigos, profesores y tutores, Madre Gaia, mis queridas lombrices “Vaquitas de la tierra”.

Gracias al Universo que conspiró para que todo fluyera sutilmente en perfección convirtió a todo y todos en mi mayor inspiración.

Sea este uno de los tantos proyectos por venir para seguir sirviendo y cuidando a Madre Gaia.

¡Que así sea!

¡GRACIAS!



DEDICATORIA

A Dios y todos los seres de luz visibles e invisibles que sembraron esa semillita de construir el cielo en la tierra.

A mi familia por su paciencia y apoyo incondicional durante todo este proyecto.

A nuestra madre Gaia espero seguir eternamente a su servicio.

Y también en especial para a aquellos hermanos y hermanas de luz que desde el corazón buscan, sueñan con alternativas para vivir en armonía con el Universo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	Página
Objetivos.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 Agricultura Urbana.....	3
2.1.1 Abonos Orgánicos.....	5
2.2 Residuos Sólidos Urbanos (RSU).....	6
2.3 Problemática de los RSU.....	7
2.4 Generación de RSU a nivel mundial.....	7
2.5 Generación y Manejo de RSU en América Latina.....	9
2.6 Generación de RSU en Ecuador.....	12
2.6.1 Generación de Residuos Sólidos Domésticos a nivel local.....	14
2.7 Disposición Final de Residuos Sólidos Domésticos (RSD).....	15
2.7.1 Técnicas de Disposición Final.....	17
2.8 Efectos de los RSU.....	20
2.8.1 Sobre la Salud.....	19
2.8.2 Sobre el Paisaje.....	21
2.8.3 Contaminación del Agua.....	21
2.8.4 Contaminación del Suelo.....	21
2.8.5 Contaminación del Aire.....	21
2.9 Residuos Sólidos Orgánicos (RSO).....	22
2.9.1 Definición.....	22
2.9.2 Clasificación.....	22
2.9.3 Generación de Residuos Sólidos Orgánicos.....	24
2.9.4 Reciclaje de RSO.....	24
2.9.5 Ventajas del uso de los RSO en el Suelo.....	25

2.9.6	Aprovechamiento de los RSO.....	26
2.9.6.1	Tipos de Aprovechamiento de los RSO.....	26
2.9.6.1.1	Compostaje.....	26
2.9.6.1.1.1	Factores del Proceso de Composteo.....	29
2.9.6.1.1.2	Etapas del Compostaje.....	31
2.9.6.1.2	Lombricultura.....	33
2.9.6.1.2.1	Las Lombrices.....	33
2.9.6.1.2.1.1	Clasificación de las Lombrices.....	35
2.9.6.1.2.1.2	Morfología de la Lombriz.....	37
2.9.6.1.2.1.3	Reproducción.....	38
2.9.6.1.2.1.4	Condiciones de Vida.....	38
2.9.6.1.2.1.5	Trastornos Fisiológicos.....	39
2.9.6.1.2.1.6	Enemigos Naturales.....	39
2.9.6.1.3	Implantación del Sistema de Vermicompostaje.....	40
2.9.6.1.3.1	Sustratos.....	40
2.9.6.1.3.2	Clasificación de Residuos.....	42
2.9.6.1.3.3	Selección del Sitio adecuado.....	42
2.9.6.1.3.4	Construcción de Lechos.....	43
2.9.6.1.3.5	Prueba de Caja.....	44
2.9.6.1.3.6	Alimentación.....	44
2.9.6.1.3.7	Selección de Pie de Cría.....	45
2.9.6.1.3.8	Usos y Ventajas del Lombricompostaje.....	46
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
3.1	Localización del Ensayo.....	50
3.2	Características Climáticas.....	50
3.3	Materiales y Equipos.....	50

3.4 Experimentación.....	51
3.5 Manejo del Ensayo.....	51
3.5.1 Adecuación de terreno.....	51
3.5.2 Entrevista.....	51
3.5.3 Aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos.....	51
3.5.3.1 Entrega de tachos de reciclaje.....	52
3.5.3.2 Recolección y pesaje de desperdicios orgánicos domésticos.....	52
3.5.3.3 Compostaje.....	52
3.5.3.4 Prueba de Caja.....	54
3.5.3.5 Cosecha de Humus.....	54
3.5.3.6 Análisis de Vermicompost.....	55
4. RESULTADOS.....	56
4.1 Generación diaria de residuos orgánicos domésticos.....	56
4.2 Desechos orgánicos por familia.....	57
4.3 Tamaño de lombrices y tiempo de ingreso al sustrato.....	59
4.4 Análisis de Vermicompost.....	60
5. DISCUSIÓN.....	62
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
BIBLIOGRAFIA.....	70
ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Detalles de Sistemas utilizados en Agricultura urbana y periurbana.....	1
Cuadro 2. Producción per cápita de residuos sólidos en varias ciudades del mundo.....	8
Cuadro 3. Composición de residuos en varias ciudades del mundo.....	9
Cuadro 4. Composición general de los residuos urbanos en los países desarrollados.....	10
Cuadro 5. Producción diaria de desechos sólidos por habitante.....	11
Cuadro 6 Ciudades con menor porcentaje de cobertura en recolección de desechos.....	11
Cuadro 7. Ciudades con mayor porcentaje de recolección de desechos.....	11
Cuadro 8. Situación de los residuos sólidos en algunas ciudades del país.....	12
Cuadro 9. Cobertura de residuos sólidos por regiones Ecuador.....	13
Cuadro 10. Generación per cápita y generación total de residuos sólidos domésticos en ciudades seleccionadas de Ecuador.....	14
Cuadro 11. Producción de residuos sólidos por región y zona en Ecuador.....	14
Cuadro 12. Naturaleza de los residuos sólidos en el Ecuador.....	14
Cuadro 13. Enfermedades asociadas a residuos sólidos y transmitidas por vectores.....	20
Cuadro 14. Composición de los residuos sólidos municipales en diversos países de América latina.....	23
Cuadro 15. Técnica para la formulación de mezcla de compostaje.....	28
Cuadro 16. Clasificación taxonómica de la lombriz.....	36
Cuadro 17. Incidencia físico química sobre comportamiento de las lombrices.....	39
Cuadro 18. Composición del humus.....	49
Cuadro 19. Características climáticas.....	50
Cuadro 20. Familias seleccionadas para participar en el ensayo.....	52
Cuadro 21. Pesos promedios de residuos orgánicos en kilogramos recolectados por día y persona en el Condominio Ceibos Colonial. UCSG, 2012.....	56
Cuadro. 22 Promedios de desechos orgánicos recolectados durante el ensayo por familia (Kilogramos).UCSG 2012.....	58

Cuadro. 23 Datos varios de la P10L (Prueba de las 10 lombrices).....	59
Cuadro 24. Informe análisis físico - químico de laboratorio.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma diferenciados del manejo integrado de residuos sólidos urbanos.....	15
Figura 2. Política tres Rs de los residuos sólidos urbanos.....	16
Figura 3. Vertedero.....	17
Figura 4. Relleno Sanitario.....	18
Figura 5. Clasificación de los residuos orgánicos municipales según su fuente.....	22
Figura 6. Clasificación generalizada de los residuos sólidos orgánicos.....	23
Figura 7. Transformación de la materia orgánica en compost.....	27
Figura 8. Compostificación en medio aeróbico.....	29
Figura 9. Cambios térmicos durante las etapas del proceso de fermentación y compostaje.....	31
Figura 10. Insectos y microorganismos que participan en el proceso de compostaje.....	32
Figura 11. Clasificación ecológica de las lombrices.....	36
Figura 12. Morfología externa de la lombriz.....	37
Figura 13. Morfología interna de la lombriz.....	38
Figura 14. Algunos ejemplos de sistemas domésticos de compostaje.....	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Registro de temperatura de dos pilas de compost.....	57
Gráfico 2. Representación gráfica de la generación diaria por persona de residuos orgánicos domésticos en kilogramos.....	58
Gráfico 3. Desechos orgánicos recolectados por familia.....	59
Gráfico 4. Comparación de tamaño de lombrices durante la P10L sobre dos sustratos de compost.....	60
Gráfico 5. Comparación de TIS en dos sustratos de compost.....	60

RESUMEN

El presente estudio consistió en el aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos para la elaboración de Lombricompost a partir del uso de Lombricultura en el Condominio Residencial Ceibos Colonial. El estudio se realizó con la participación de cinco familias en total 18 personas incluidos niños.

Los objetivos de la investigación fueron, determinar el volumen de residuos orgánicos domésticos que se generan por día en el Condominio Ceibos Colonial, elaborar un abono orgánico (vermicompost) a partir de desechos orgánicos domésticos y evaluar la calidad química, física y biológica del vermicompost obtenido.

Para lograr estos objetivos se evaluó la generación de residuos orgánicos domésticos, los desechos orgánicos por familias, el tiempo de ingreso al sustrato y se hizo un análisis de vermicompost.

Se estimó que el volumen promedio diario de producción de residuos orgánicos por persona fue de 0,16 kilogramos durante los dos meses de experimentación.

Se identificó que la cantidad de residuos generados en relación a cada núcleo familiar dependió de los gustos y/o preferencias de consumo de cada uno.

Se comprobó la aceptación del sustrato por parte de las lombrices a partir del tiempo de ingreso al sustrato realizado durante la P10L.

Los resultados de laboratorio demostraron la calidad nutricional del Lombricompost estando sus contenidos dentro de los rangos estimados.

Finalmente se determinó que el vermicompost obtenido a través de los procedimientos antes mencionados cumplió los estándares establecidos donde además es necesario resaltar la ausencia de metales pesados como Pb (plomo) y Cd (cadmio) en su composición. El presente Lombricompost constituye un recurso alternativo para el buen vivir.

ABSTRACT

This project consisted in giving an appropriate and sustainable use to the domestic organic waste, based on vermiculture, for the vermicompost's elaboration at the residential condo Ceibos Colonial. The project was made in collaboration with five participating families (18 people including children).

The main objectives of the investigation were determine the volume of domestic organic residues generated per day at the Ceibos Colonial condo, produce organic compost (vermicompost) from domestic organic residues and evaluate the chemical, physical and biological quality of the resulting vermicompost.

In order to achieve the mentioned objectives, were taken into account and measured the generated domestic organic residues, the organic waste per family, the substratum acceptance and the vermicompost analysis.

It was estimated that the average daily volume of organic residues generated per person, over the two months period of time that the experiment lasted, was 0,16 kilograms.

It was detected that the amount of organic residues generated in relation to each family unit depended on the consumption preferences and/or tastes of each of them.

It was proven that the worms accepted the substratum since the very first moment during the ten worms proof (P10L).

The laboratory results demonstrated the vermicompost's adequate nutritional quality, being its contents within the estimated ranges.

It was finally determined that the vermicompost, obtained through the procedures mentioned above, complied with the established standards and, also, it is important to highlight the absence of heavy metals like lead and cadmium in its composition. The resulting organic compost (vermicompost) is, therefore, a very useful and appropriate resource for a sustainable and adequate life style.

1. INTRODUCCIÓN

El mal manejo de los residuos sólidos urbanos es una problemática que ha venido en ascenso los últimos años. El crecimiento poblacional y el desarrollo industrial han tenido una grave repercusión con respecto a la generación de residuos.

La cantidad de desechos por persona ha venido aumentando constantemente mientras que la calidad de esos desechos se ha ido reduciendo. En los últimos 30 años, la generación de desechos per cápita en América Latina ha aumentado de 0.2 a 0.5 kg/día hasta 0.5 a 1.0 kg/día, en la actualidad.

Los componentes orgánicos presentes en los desechos sólidos urbanos, sin lugar a duda es lo más complejo de enfrentar, a la vez presenta una mayor cantidad de beneficios, disminución de volúmenes a recolectar, elaboración de abonos orgánicos, generación de empleo, disminución de impacto ambiental. En promedio, los desechos orgánicos equivalen al 40 % ó 50 % de la producción de desechos por peso, en América Latina y el Caribe, aunque esto varía según el estrato del barrio, la región y el país.¹

Actualmente, se aplica el Lombricompostaje como una vía para transformar los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). La ventaja de su aplicación se sustenta en ser una tecnología económica y ecológicamente limpia, ya que no produce ningún residuo contaminante y en su lugar proporciona Vermicompost (Abono orgánico).²

Con este trabajo se busca implementar en nuestro medio un Sistema Artesanal de Reciclaje de Residuos Orgánicos a partir de Lombricompostaje para la producción a pequeña escala de Vermicompost en el Condominio Ceibos Colonial en la ciudad de Guayaquil. Se espera concienciar a los moradores del lugar que a partir los desechos orgánicos domésticos producidos es posible obtener una infinidad de recursos los mismos que mejorarán su calidad de vida e incentivarán a los demás ciudadanos a tener una participación activa en esta alternativa de vida que es el reciclaje. Se espera generar impactos a nivel comunitario entre los cuales se encuentra la aplicación del abono orgánico obtenido en los jardines del condominio disminuyendo así el uso de productos de origen sintético. No obstante, se prevé a futuro la posibilidad de construir un huerto urbano en el sector para estimular la autosuficiencia nutricional, ambiental, social y económica en el Condominio Ceibos Colonial convirtiéndolo a este en punto de referencia primordial en agricultura urbana en la ciudad de Guayaquil.

¹ Guía Ambiental USAID, Revisión y Mejores Prácticas Ambientales en Latinoamérica y el Caribe (2003). Capítulo 5: Manejo de Desechos Sólidos (PDF).

² Ramos, Martínez, y Forbes (2008). Criterios técnicos para la utilización agrícola de los residuos sólidos urbanos. Revista Online de Agricultura Orgánica, ACTAF (PDF).

Los objetivos planteados en este trabajo son los siguientes:

Objetivo General

Contribuir al desarrollo de la agricultura urbana en la ciudad de Guayaquil a partir de la generación de conocimientos sobre el manejo de residuos orgánicos domésticos a través de Lombricultura para la producción de vermicompost.

Objetivos Específicos

- Determinar el volumen de residuos orgánicos domésticos que se generan por día en el Condominio Ceibos Colonial.
- Elaborar un abono orgánico (vermicompost) a partir de desechos orgánicos domésticos.
- Evaluar la calidad química, física y biológica del vermicompost obtenido.

Hipótesis

El aprovechamiento de los residuos orgánicos que se generan en el Condominio Ceibos Colonial constituirá una alternativa para la producción de abonos orgánicos en función del desarrollo comunitario.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Agricultura Urbana (Mougeot, 2006)

El nivel mundial de la pobreza humana, estimado en un 30 %, se prevé que estará entre 45 y 50 % en 2020, y prácticamente todo este incremento tendrá lugar en los países menos desarrollados del mundo. Entonces surge la cuestión de los alimentos. Para los pobres que viven en áreas urbanas, los alimentos se han convertidos en lo que sólo se puede llamar un “lujo básico”. No es de extrañar que un número creciente de personas busque cómo complementar las bajas cantidades de comida que están en condiciones de comprar.

La Agricultura Urbana (AU) según puede ser descrita como el cultivo, el procesamiento y la distribución, con fines alimentarios y no alimentarios, de plantas y árboles y la cría de ganado, tanto dentro como en la periferia de un área urbana, dirigidos al mercado urbano. Para lograr esto la AU aprovecha recursos, servicios y productos encontrados en esa área urbana, generando a su vez recursos, servicios y productos en gran parte para esa misma área urbana.

Cuadro 1. Detalles de Sistemas utilizados en Agricultura urbana y periurbana.

Sistemas	Espacio	Tecnología base	Tipo de usuarios	Orientación potencial	Condiciones de implementación
Huerto Intensivos	Peri Urbano	Manejo Orgánico / Inorgánico	Familias en Trabajo Colectivo	Comercial	Acceso a suelo agrícola y agua / Disponibilidad de material orgánico
Huerto Organopónicos	Peri Urbano	Manejo Orgánico	Individual o Colectivo	Autoconsumo / Comercial	Acceso a suelo agrícola y agua / Disponibilidad de material orgánico / biopesticida/ riego
Micro Huertos Organopónicos	Urbano	Soluciones nutritivas, Control y Reciclaje de Materiales	Familiar	Autoconsumo	Acceso a espacio físico / Disponibilidad de agua potable
Huertos Caseros y Comunitarios	Urbano	Manejo Agronómico General	Escuelas o Colectivos Familiares	Autoconsumo / Comercial	Acceso a suelo agrícola y agua
Huertos Integrales	Peri Urbano	Manejo de Tecnologías dependiendo del Modelo Productivo	Granjas escolares o Colectivos Familiares	Autoconsumo / Comercial	Acceso a suelo agrícola y agua
Empresa Hidropónica de Mediana Escala	Peri Urbano	Solución Nutritiva Recirculante	Empresa Familiar	Comercial	Alta inversión inicial, Acceso agua potable. Personal Calificado

Fuente: Mougeot, 2006

Según Treminio (2004), la agricultura urbana y peri urbana (AUP) se lleva a cabo dentro de los límites o en los alrededores de las ciudades de todo el mundo e incluye producción, y en algunos casos el procesamiento de productos agropecuarios, pesqueros y forestales, así

como los servicios ecológicos que proporcionan. Se estima que unos 800 millones de habitantes de todo el mundo participan en actividades relacionadas con la AUP que generan empleos e ingresos y producen alimentos. En el marco de experiencias de AUP se identifican seis sistemas opcionales de producción, cuyas diferencias entre sí son determinadas en función de la tecnología de manejo (tiempo y recurso), orientación y condiciones de implementación. Ver Cuadro 1.

En resumidas cuentas según Mougeot (2006), la agricultura urbana está en cualquier parte y donde quiera que las personas puedan encontrar aunque sea un espacio muy pequeño, donde criar algún animal o sembrar unas pocas semillas. Contar con un suministro regular de alimentos cultivados en casa, puede hacer mucha diferencia en la vida de los pobres que viven en las ciudades. No sólo contribuye a mejorar la nutrición y la salud, sino que también puede liberar parte de los ingresos de la familia en gastos no alimentarios.

La AU tiene el potencial de contribuir a un ambiente más sano mediante el reciclaje y la reutilización de algunos de los residuos orgánicos de la ciudad, desalentando prácticas no reguladas como la descarga de residuos en vertederos y la construcción en tierras inapropiadas.

Una ciudad es un enorme sumidero de nutrientes que continuamente absorbe alimentos para satisfacer a una población urbana en constante crecimiento. La mayoría de suministro proviene de sitios lejanos y una parte se desperdicia o deteriora durante el transporte o el almacenamiento. El sumidero podría ser más eficaz si se reciclara más de lo que se desecha, pudiendo incluso reducir la necesidad de importaciones. Sería un lugar más agradable para vivir con aire, agua y suelos menos contaminados, si reutilizara algunos de sus residuos. Sin embargo, la falta de un sistema de eliminación eficaz de los residuos en la mayoría de las ciudades del mundo en desarrollo, trae como consecuencia grandes acumulaciones de basura rica en nutrientes que amenazan al medioambiente y a la salud de la población. Encontrar una forma segura y económica de reciclar una parte o todos los residuos municipales y agroindustriales contiene la promesa de una “triple ganancia”: limpiar el medioambiente urbano, reducir la amenaza a la salud e incrementar la producción agrícola reemplazando los nutrientes del suelo.

Según el Manual de Tecnologías de Agricultura Urbana (2009), con la implementación de tecnologías limpias la Agricultura Urbana promueve y aplica buenas prácticas en el manejo y aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para producir sustratos seguros, con el fin de reducir riesgos ambientales y de salud asociados con el manejo de la materia prima, los procesos de descomposición y su uso.

El aprovechamiento de residuos sólidos forma parte del manejo adecuado de los residuos (Gestión Integral de Residuos Sólidos) que busca disminuir los impactos negativos desde su origen hasta su disposición final a través de usos alternativos.

En la Agricultura Urbana el aprovechamiento de residuos sólidos se orienta a la reutilización de residuos inorgánicos y al aprovechamiento de los residuos orgánicos para la generación de sustratos que contribuyen en:

- Disminuir la presión sobre recursos naturales
- Generar abonos seguros que aporten a la productividad, teniendo en cuenta un adecuado manejo de los procesos para que este sea de buena calidad
- Contribuir a la recuperación de suelos erosionados
- Apoyar la autonomía de las comunidades y familias.

2.1.2 Abonos Orgánicos

Conforme la Red de Acción en Agricultura Alternativa (s/f), los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. Estos no solo aportan al suelo materiales nutritivos, sino que además influye favorablemente en la estructura del suelo. Asimismo, aportan nutrientes y modifican la población de microorganismos en general, de esta manera se asegura la formación de agregados que permiten una mayor retención de agua, intercambio de gases y nutrientes, a nivel de radicular.

Los terrenos cultivados sufren la pérdida de una gran cantidad de nutrientes, lo cual puede agotar la materia orgánica del suelo, por esta razones se deben restituir permanente. Esto se puede lograr a través del manejo de los residuos y adición de estiércoles u otro tipo de material orgánico.

Según Verdejo (s/f), la Vermicultura o Lombricultura, es el cultivo de lombriz cuyo producto principal es la lombriz; mientras que el Vermicompostaje es la producción de Humus o Vermicompost a partir de la Lombriz.

El humus se obtiene mediante el procedimiento biológico de descomposición de elementos orgánicos, a través de Lombriz Californiana o Roja Californiana (*Eisenia foetida*) es la más cultivada dada su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales, potencial reproductor y capacidad de apiñamiento.

Los desechos de origen animal, vegetal o mixto constituyen su alimento, éstos se transforman en el intestino, siendo las excretas (humus) un excelente abono. Además asegura Shuldt (2006), que el pasaje de los residuos por el tubo digestivo de la lombriz restringe los coliformes.

El humus de lombriz es de color negruzco, granulado, homogéneo y con un olor agradable a mantillo de bosque. Contiene un elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos; pero éstos no se producen por el proceso digestivo de la lombriz sino por toda la actividad microbiana que ocurre durante el periodo de reposo dentro del lecho.

Produce además hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de la planta. Los excrementos de la lombriz contiene: cinco veces más nitrógeno, siete veces más fósforo, cinco veces más potasio y dos veces más calcio que el material orgánico que ingirieron (Verdejo s/f).

Según Durán y Henríquez (2009), la especie de lombriz debe presentar algunas características que la hagan apta para la producción de Lombricompost, entre éstas están:

- Adaptación a un amplio rango de temperatura
- Tasa de reproducción altas
- Eurífaga
- Longevidad
- Baja tendencia a la migración
- Capacidad de vivir en poblaciones altas
- No ser vector de enfermedades

2.2. Residuos Sólidos Urbanos (RSU) (Cañizares, 1998)

Los residuos sólidos urbanos los identificamos con los que normalmente se denomina “basura”, es decir todos los desperdicios, orgánicos o inorgánicos, que generan los habitantes de la ciudad.

Se clasifican en varios tipos (quedando excluidos los tóxicos y peligrosos, los industriales especiales y los radioactivos):

Residuos Domiciliarios: Proceden de la normal actividad doméstica. Se incluyen los desechos de alimentación y consumo domésticos, los restos de podas y jardinería, envoltorios, envases y embalajes rechazados por ciudadanos o locales comerciales, restos de consumos de bares, restaurantes y hoteles así como escorias y cenizas.

Residuos Sanitarios: Son los materiales residuales que producidos en centros hospitalarios, sanitarios o asimilables, que presenta, por su origen o naturaleza, riesgos para la salud humana, los recursos naturales o el medio ambiente

Residuos Industriales: Envoltorios, envases, embalajes y residuos producidos por actividades industriales, comerciales y de servicios, que por su volumen, peso, cantidad, contenido en humedad, no quedan catalogados como residuos domiciliarios.

Residuos Especiales: Alimentos y productos caducados. Muebles y enseres viejos, vehículos abandonados, animales muertos y/o partes de estos, tierras de escombros procedentes de obras civiles y construcción. Restos de tierras, arenas o similares utilizados en construcción y procedentes de excavaciones.

Otros: Estiércol y desperdicios de mataderos, además de todos aquellos, aun estando catalogados, así sean estimados por los servicios técnicos.

2.3. Problemática de los RSU (Bono y Tomás, 2006)

Esta situación ha cambiado mucho desde la época en que la totalidad de los mismos eran biodegradables y la mayoría de la población vivía en zonas rurales. Entonces, los residuos entraban en el ciclo natural de servir a los animales domésticos e integrarse en los abonos orgánicos generados a domicilio y utilizados en la regeneración del suelo agrícola. La reutilización de envases constituía la norma, y la recuperación de los productos de metal inservibles, y trapos, para su posterior reciclaje, era un medio riguroso era sensiblemente menor a la actual y menos compleja su composición, sino que su gestión, siguiendo la leyes y los ciclos propios del ecosistema, resultaba más eficiente y eficaz.

Con el desarrollo urbano y la sociedad de consumo todo cambiaría, no sólo para incrementar y hacer más compleja la producción de residuos, sino para romper las prácticas que garantizaban la integración del grueso de los residuos en los ciclos de la naturaleza y una gestión económica y ecológicamente eficiente de los restantes. El cambio de situación social ha hecho variar, por otro lado, lógico de gestión de los residuos mientras en la anterior fase eran normalmente las familias las que se responsabilizaban de forma espontánea de la recogida y el uso de los residuos, en la nueva situación estas funciones las han ido asumiendo las instancias públicas, pasando su ordenación y gestión a ser competencia de los distintos niveles del Estado.

Este cambio en la gestión ha trascendido al plano de la conciencia y el sentimiento de responsabilidad ciudadana, hasta el punto de olvidar no solo la relación entre los residuos generados y el medio natural (por mediación de la contaminación y el aporte de materia orgánica), sino también nuestra responsabilidad en la forma como se gestionan consecuencias de una deficiente gestión.

2.4. Generación de Residuos Sólidos a nivel mundial

Según López *et al.* (1980), cada 24 horas se producen en el mundo aproximadamente, 4 millones de toneladas de residuos sólidos domésticos, urbanos e industriales, lo que supone da una densidad media de 200 kg / m³, unos 20 millones de metros cúbicos. Una parte

importante de esta ingente cantidad de residuos, probablemente de un 20 a 30 %, no crea por ahora problemas especial ya que se produce en medios rurales o semi rurales que la auto consumen (reciclaje) o se sigue con ellos el viejo sistema de “esconder y olvidar”. El resto de los residuos, de un 70 a un 80 % de los 4 millones de toneladas que diariamente se producen, es el que ha llegado a constituir un serio problema, tanto desde el punto de vista sanitario y ecológico, como desde el punto de vista económico, ya que los costos de recogida, transformación y /o eliminación son cada vez mayores. La magnitud de los problemas que plantea la existencia de residuos resulta evidente pero, se puede argumentar, que el problema no es nuevo. Ciertamente el hombre ha producido siempre ciertos residuos. Sin embargo, es en las últimas décadas cuando la producción de esos residuos ha llegado de verdad a plantear serios problemas.

Rodríguez, D. s/f asegura que a causa del incremento en espacio y población en los centros urbanos se están generando grandes cantidades de biomasa residual, las cuales, además de no tener una disposición adecuada, no se les ha proyectado un aprovechamiento de la energía química que contienen, la cual por sus potencialidades al ser transformada, pueden entrar a cubrir importantes aportes, especialmente para su tratamiento o reciclaje.

El flujo de distribución y reutilización de la biomasa genera una considerable cantidad de residuos sólidos y líquidos como producto del reciclaje natural y artificial de la materia y la energía. Hoy día, la producción centralizada de residuos, los cuales se les puede aprovechar energéticamente, está estrechamente relacionada con las concentraciones humanas conduciendo a problemas ambientales que son motivo de urgentes estudios y proyectos en todo el mundo. El volumen total de desechos sólidos producidos por una concentración de personas se puede estimar a partir de su población y su producción media per cápita.

Cuadro 2. Producción per cápita de residuos sólidos en varias ciudades del mundo

Ciudad	kg/ persona/día
Hamburgo	1.24
Lima	0,7
Londres	1.10
Los Ángeles	1.18
Medellín	0,45
México	0,65
Montreal	1.60
Neiva	0.35
Nueva York	1.35
Tokio	0.95

Fuente: Rodríguez, D. s/f

Elaboración: CNCA (1973) y Hernández (1985)

Conforme la fuente anterior por su naturaleza y origen los residuos sólidos producidos en una ciudad pueden presentar cambios en su composición de acuerdo al grado de desarrollo del lugar donde son originados. Así, se tiene que los países desarrollados producen aproximadamente menos del 20 % del total de sólidos en formas orgánicas, mientras que los países pobres o en desarrollo la porción orgánica puede variar en porcentajes entre el 65 al 85 %.

Cuadro 3. Composición de residuos en varias ciudades del mundo

Composición	Lima	Medellín	Sao Paulo	Londres	Tokio	México
Biomasa Fermentable	81.40	70.00	70.00	20.00	32.00	75.00
Papel y Cartón	1.00	8.60	16.80	34.00	36.00	9.20
Plásticos	0.90	7.00	1.21	1.30	9.6	1.50
Textiles	1.80	3.00	2.30	2.44	3.6	0.60
Vidrio	1.30	1.40	1.50	10.92	5.00	3.10

Fuente: Treminio, (2004)

Existen los llamados factores cualitativos, se refieren a todo lo relacionado con la ecología y la concienciación progresiva de la humanidad respecto a la degradación del medio ambiente en que vivimos. Esta preocupación por los problemas de contaminación ambiental está influyendo poderosamente en los procedimientos utilizados para la eliminación de residuos sólidos, especialmente de basuras domésticas (López *et al.*, 1980).

2.5. Generación y Manejo de Residuos Sólidos en América Latina

Indica el Informe GEO América Latina y el Caribe (2003), que el manejo de los residuos sólidos ha evolucionado conforme a la urbanización, el crecimiento y la industrialización. Aunque el problema de los residuos tiene varios años de haber sido identificado, particularmente en las zonas urbanas, las soluciones que hasta ahora se han logrado no abarcan a todos los países de la región ni a la mayoría de las ciudades intermedias y ciudades menores, convirtiéndose en un problema de suma importancia.

El problema con los residuos sólidos no solo se refiere a la cantidad que se genera sino también a la composición de estos la cual ha cambiado de ser densa y en su mayoría orgánica a ser voluminosa y no biodegradable.

Además de la composición, es preocupante el volumen la producción de desechos sólidos por habitante se ha duplicado en los últimos treinta años, pasando de 0.2 – 0.5 a 0.5 – 1.2 kg por día, con un promedio regional de 0.92 kg.

Según Moreno y Moral (2008), aseguran que la composición de los residuos urbanos depende de los siguientes factores:

- Nivel de vida de la población
- Actividad de la población
- Climatología general de la zona

La composición de los RSU no sólo varía con el tiempo cuantitativamente y cualitativamente, sino que está influida por otras causas, como el nivel de vida y la estructura funcional de la población (Albentosa, s/f).

El contenido de materia orgánica suele ser del orden del 50 %, dependiendo sobre todo del tamaño de la población y de su nivel de vida. al aumentar ambas magnitudes, la tendencia es una disminución en el contenido de materia orgánica (Castellanos, 2008).

Cuadro 4. Composición general de los residuos urbanos en los países desarrollados

Materia	% del peso total
Metales	3.60 - 8.00
Vidrio	6.50 - 16.70
Tierra y Cenizas	0.20 - 1.20
Papel	14.00 - 32.00
Cartón	5.00 - 10.00
Madera	0.20 - 1.20
Plásticos	10.00 - 16.00
Gomas y cueros	0.30 - 1.20
Textiles	3.25 - 6.50
Residuos Orgánicos de Comestibles	40.00 - 55.00

Fuente: Seoáñez *et. al.*, (2000).

Colaboración: Comunidad de Madrid (1998)

A medida que asciende el nivel de vida desciende el porcentaje de residuos orgánicos de comestibles, aumentando el papel, los plásticos, los metales y el vidrio. La sociedad de consumo genera cantidades ingentes de residuos de papel, plásticos, vidrio y metales, descendiendo la presencia de residuos orgánicos de comestibles desde el 60 – 80 % en las sociedades en desarrollo, hasta un 40 – 55 % en los países desarrollados. De todos modos a la hora de diseñar los sistemas de tratamientos se debe tener en cuenta que cerca de la mitad como mínimo, del total de residuos urbanos, está constituido por residuos orgánicos comestibles, Seoáñez *et. al.*, (2000).

Entre las ciudades capitales o muy pobladas, diez superaban el promedio regional de producción diaria de desechos en kilogramos por habitante.

Cuadro 5. Producción diaria de desechos sólidos por habitante

Ciudad	kg/habitante
Sao Paulo	1.35
Puerto España	1.20
México (Área Metropolitana)	1.20
Caracas	1.17
Monterrey (Área Metropolitana)	1.07
Rio de Janeiro	1.00
Salvador de Bahía	1.00
Panamá	0,96
San José	0.96
Cartagena	0.93

Fuente: Seoáñez *et. al*, (2000).

Elaboración: Acurio y otros (1997)

Por otro lado, entre las capitales y ciudades muy pobladas, la cobertura en la recolección de desechos no era completa.

Cuadro 6. Ciudades con menor porcentaje de cobertura en recolección de desechos

Ciudad	% de cobertura
Área Metropolitana	60
San Salvador	60
Santo Domingo	65
Managua	70
Tegucigalpa	75
Área Metropolitana de México	80
Asunción	80
Ciudad de Guatemala	80
Área Metropolitana de Monterrey	81
Quito	85

Fuente: Seoáñez *et. al*, (2000).

Elaboración: Acuario y otros (1997)

Cuadro 7. Ciudades con mayor porcentaje de recolección de desechos

Ciudad	% de cobertura de recolección
San José	90
Panamá	90

Fuente: Seoáñez *et. al*, (2000).

Elaboración: Acuario y otros (1997)

2.6. Generación de Residuos Sólidos Urbanos en el Ecuador (Análisis Sectorial de residuos sólidos OPS/ OMS, 2002).

Se reporta que en América Latina habitan en los centros urbanos alrededor de 350 millones de habitantes, quienes generan unas 275 000 toneladas de basura diariamente, de las cuales solo se recolecta un promedio de 70 % y únicamente el 35 % se dispone en rellenos sanitarios.

Dentro de este contexto regional, Ecuador, localizado al noroeste de América del Sur, cuenta con una población de casi 8 millones de habitantes (55 % ubicados en asentamientos rurales), responsables de unas 7 400 toneladas de basura que generan diariamente. Los servicios de aseo proporcionados por las municipalidades del país son precarios en calidad, eficiencia y cobertura, como lo demuestra el hecho de que solamente un 49 % de dicho tonelaje se esté recolectando mediante procedimientos no informales y con cierta eficiencia, y que solo 2 187 toneladas de dichos residuos son dispuestas adecuadamente.

Cuadro 8. Situación de los residuos sólidos en algunas ciudades del país, 1976

Ciudad	Población hab.	Ppc. kg/hab/día	Prod. ton/día	%Cobertura	Recolección ton/día
Ambato	82686	0.65	53.7	70	37.6
Cuenca	113997	0.50	57.0	69	39.3
Esmeraldas	66247	0.67	44.4	34	15.1
Huaquillas	10994	0.58	6.4	30	1.9
Ibarra	43878	0.58	25.4	90	22.9
Latacunga	23351	0.58	13.5	95	12.9
Loja	52386	0.69	36.0	70	25.2
Machala	76245	0.69	52.4	40	21.0
Portoviejo	67454	0.67	44.9		
Riobamba	61732	0.50	30.7	85	26.1
Santa Rosa	21141	0.78	16.5	30	4.9
Tulcán	25793	0.42	10.8		
Manta	71417	0.50	35.4	60	21.2
TOTAL	71321		427		228

Fuente: OPS/ OMS, 2002

Elaboración: Estudios de Residuos Sólidos de la ciudad de Riobamba, 1978

Según la OPS y la OMS, esta debilidad en materia de servicios se ha traducido en un deterioro generalizado del entorno ambiental tanto en localidades urbanas como en los asentamientos rurales; generando también, importantes efectos sobre la salud pública y comprometiendo el bienestar de la comunidad, especialmente de aquellos segmentos con menos oportunidades y mayores carencias.

Esta situación, de por sí grave, reviste una mayor importancia si se considera que la problemática asociada al manejo inadecuado de los residuos sólidos sin duda alguna está impactando espacios ambientalmente sensibles, de alta diversidad ecológica.

Cuadro 9. Cobertura de residuos sólidos por regiones Ecuador, 1990

Región	% Cobertura	Producción ton/día	Recolección ton/día
Costa			
Esmeraldas	21	76	16.1
Portoviejo	50	72	36.2
Babahoyo	55	27	14.9
Guayaquil	32	905	289.6
Machala	35	81	28.6
Total (promedio)	33	1161	385.4
Sierra			
Tulcán	89	21	18.6
Ibarra	84	41	34.2
Quito	80	484	386.7
Latacunga	88	15	13.2
Ambato	81	61	49.5
Riobamba	78	69	53.7
Guaranda	75	8	6.0
Azogues	59	8	4.7
Cuenca	80	121	97.2
Loja	79	55	43.6
Total (promedio)	80	883	707.4
Amazónica			
Nueva Loja	16	8	1.3
Tena	71	6	4.3
Puyo	73	6	4.4
Macas	50	4	2.0
Zamora	80	4	3.2
Total (promedio)	54	28	15.2
Insular			
Puerto Baquerizo	95	2	1.9
Total (promedio)	97	2	1.9
Total País (χ)	54	2074	1109.9

Fuente: OPS/ OMS, 2002

Elaboración: Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias s/f

La cobertura del servicio de recolección en 1990 era del 54 % a nivel de las cabeceras cantonales, siendo muy crítica en la región costa en donde apenas cubría al 33% de sus

habitantes. Un mejor panorama presentaba la sierra con un 80 % de cobertura mientras que la región amazónica disponía de un servicio que llegaba al 54 % de su población y Galápagos al 97 %. En términos de producción de residuos sólidos, de las 2 074 toneladas generadas diariamente en las cabeceras cantonales, sólo 1 109.8 eran recolectadas, haciendo suponer que el resto era arrojado en quebradas, ríos, terrenos baldíos, mar. (OPS/ OMS, 2002)

2.6.1 Generación de Residuos Sólidos Domésticos a nivel local

A efectos de caracterizar la producción de residuos sólidos en el país, se han utilizado dos indicadores fundamentales: (i) la producción per cápita expresada en kilogramos por habitante y por día, y (ii) la composición física de los residuos sólidos medida en porcentaje en peso de sus distintos componentes.

Cuadro 10. Generación per cápita y generación total de residuos sólidos domésticos en ciudades seleccionadas de Ecuador

Ciudad	Población año 2000 (habitantes)	Generación (kg/hab/día)	Generación total (2000)	
			(ton/día)	(ton/año)
Guayaquil	2600000	0.75	1950	711750
Quito	1600000	0.75	1200	438000
Cuenca	400000	0.65	260	94900

Fuente: OPS/ OMS, 2002

Elaboración: Censo Nacional 1990 - De la Torre (1996) - PATRA (2001) - OPS (2001)

Se puede concluir que el 60.1 % (4 462 toneladas) de residuos sólidos son generados en el área urbana de 15 ciudades del Ecuador, mientras que el 39.9 % (2 961 toneladas) corresponden al área urbana de las 199 ciudades restantes y al área rural de todo el país.

Cuadro 11. Producción de residuos sólidos por región y zona en Ecuador

Región	Producción de residuos					
	Zona urbana		Zona rural		País	
	%	ton/día	%	ton/día	%	ton/día
Sierra	31.1	2311	13.5	804	44.6	3312
Costa	40.8	2032	10.8	1001	51.7	3836
Oriente	1.3	94	2.3	174	3.6	268
Galápagos	0.1	6	0.01	1	0.1	7
Total	73.3	4443	26.61	1980	100	7423

Fuente: OPS/ OMS, 2002

Elaboración: OPS (2001)

Dada la variación en la composición de los residuos sólidos, se ha procedido a calcular los porcentajes medios ponderados de cada material en el ámbito de país, a fin de estimar la cantidad que se genera diariamente, de cada uno de ellos.

Cuadro 12. Naturaleza de los residuos sólidos en el Ecuador

Material	Porcentaje (%)	Producción (ton/día)
Materia orgánica	79.43	5298
Papel y cartón	10.63	709
Plástico	5.04	336
Vidrio	4.11	274
Metales	0.79	53
Total	100	6670

Fuente: OPS/ OMS, 2002

Elaboración: OPS (2001)

Del Cuadro 12, se puede establecer que alrededor de 1 372 toneladas de residuos sólidos son susceptibles de reciclar, dentro de las cuales se incluye el papel y cartón, plástico, vidrio y los metales. Por otro lado, si se estima que diariamente se generan 7 423 toneladas de basura.

La literatura refleja que la materia orgánica ocupa entre un 60 a 70 % del total de residuos, corroborando con el Cuadro 14. Encontramos entonces al Ecuador como mayor productor de residuos orgánicos domésticos de América Latina lo que constituye una potencial fuente de materia prima para la producción de Abonos Orgánicos (Compost y Lombricompost).

2.7. Disposición Final de Residuos Sólidos Domésticos (Rodríguez y Córdova, 2006)

La gestión de los residuos se realiza en tres dimensiones. La primera se refiere al manejo directo de los RSU e incluye generación, tratamiento en su origen, barrido, recolección, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final.

En el manejo tradicional de los RSU, los residuos generados son recolectados e inmediatamente se depositan; en otros casos, cuando el sistema resulta insuficiente, los RSU no se depositan en un lugar específico y en cambio, se dispersan y acumulan contaminando al medio ambiente. Esta forma de manejo ha causado severos impactos al medio ambiente social y natural, por lo que se han debido establecer regulaciones en torno al manejo de RSU. En la búsqueda de alternativas para la disposición final de RSU se ha planteado la política de las 3 Rs.

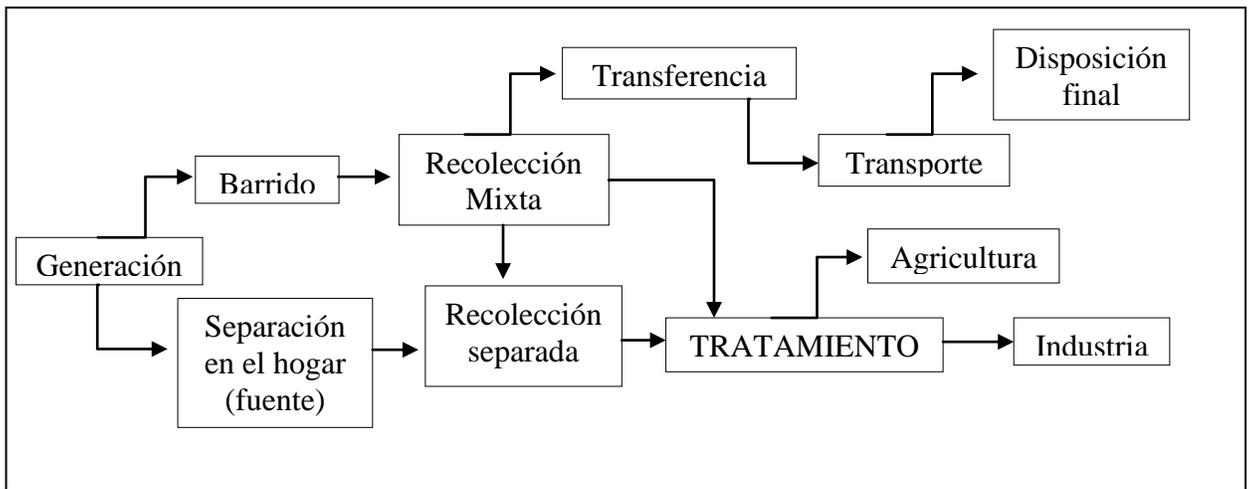


Figura 1. Flujograma diferenciados del manejo integrado de residuos sólidos urbanos

Fuente: Rodríguez y Córdova, 2006

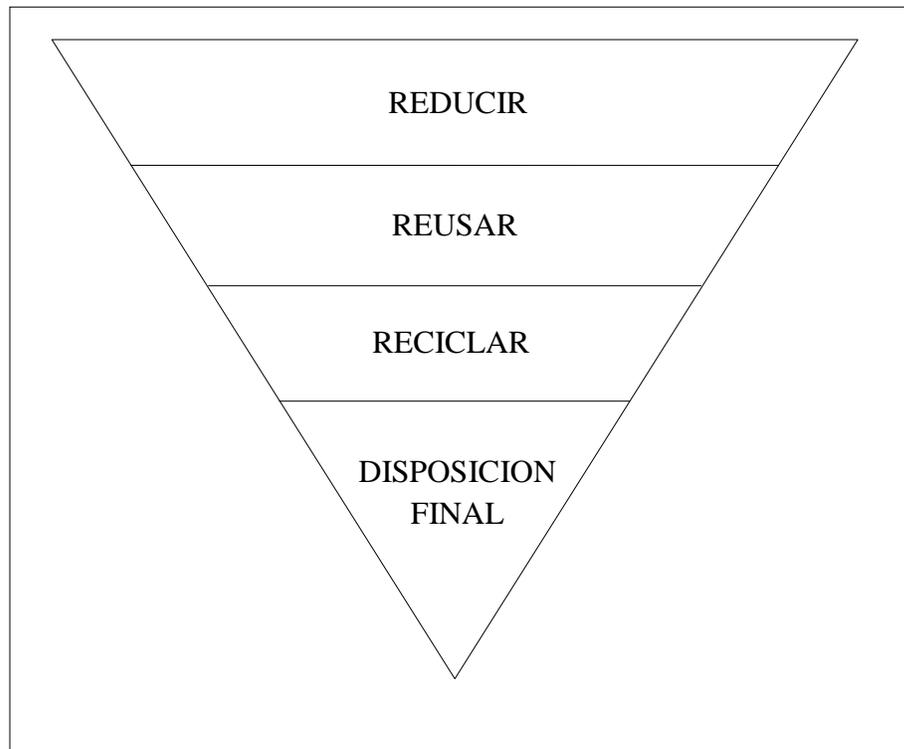


Figura 2. Política de reducción, reuso y reciclaje (3 Rs) de los residuos sólidos urbanos

Fuente: Rodríguez y Córdova, 2006

Como primer paso se presenta la Reducción en la generación que, a través de un cambio en los patrones de fabricación y de consumo de los satisfactores humanos disminuye la cantidad de residuos generados. La segunda etapa es el Reuso que consiste en volver a usar un residuo para el mismo uso original o para otro uso. La siguiente etapa es el Reciclaje que

se define como la transformación de un residuo en un nuevo satisfactor. A diferencia del reuso, en el reciclaje se requieren de materiales, energía y trabajo para la transformación de los residuos. Debido a que el costo ambiental del reciclaje es mayor que el reuso, y el del reuso mayor que el de la reducción, técnica y económicamente se propone primero buscar la reducción, luego el reuso y por último el reciclaje.

Como último paso los residuos que no pudieron ser evitados, reusados o reciclados deberán ser confinados y aislados del medio ambiente para que no se genere contaminación; esto es, llevado a su confinamiento o disposición final.

2.7.1 Técnicas de Disposición Final (CEMPRE y Arocena, 1998)

Vertedero

Es una forma de disposición final de los residuos sólidos, que se caracteriza por la simple descarga (vertido) de los residuos sobre el terreno, sin medidas de protección para el medio ambiente o la salud pública. Es lo mismo que la descarga de residuos a cielo abierto.

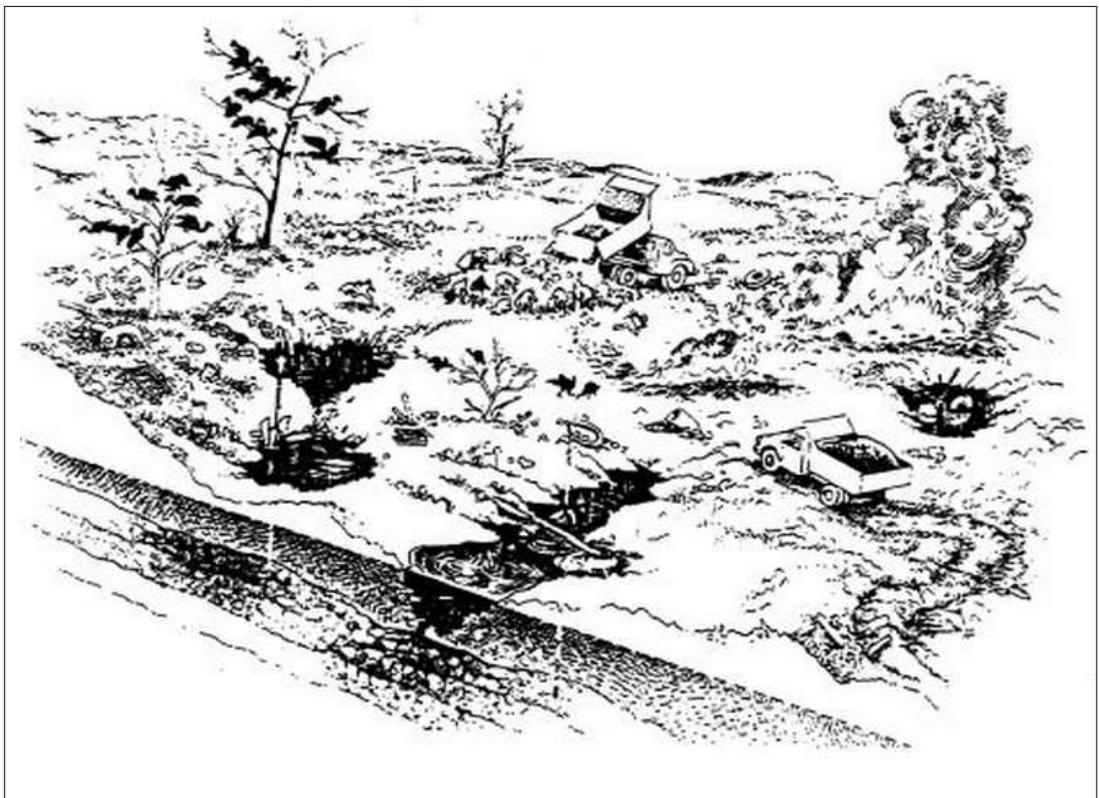


Figura 3. Vertedero

Fuente: CEMPRE y Arocena, 1998

Los residuos así tratados acarrearán problemas de salud pública, como proliferación de transmisores de enfermedades (moscas, mosquitos, cucarachas, ratas) generación de malos

lores y principalmente, la contaminación de la tierra y de las aguas superficiales y subterráneas a través del lixiviado (líquido de color oscuro, mal olor y de elevado potencial contaminante, producido por la descomposición de materia orgánica contenida en los residuos sólidos), comprometiendo los recursos hídricos y el suelo.

A esta situación se le añade la absoluta falta de control en cuanto a los tipos de residuos recibidos en estos sitios, donde se acumulan inclusive desechos originados por los servicios de salud y las industrias.

Comúnmente se asocian a los vertederos situaciones altamente indeseables, como la cría de cerdos y la existencia de hurgadores (los cuales muchas veces son residentes de la localidad).

Relleno Controlado

Técnica de disposición en la tierra de los RSU que no causa daños o riesgos a la salud y a la seguridad de la ciudadanía, u minimiza los impactos ambientales indeseables. Este método utiliza principios de ingeniería para aislar los residuos sólidos, cubriéndolos con una capa de materia inerte al concluir cada jornada de trabajo.

Esta forma de disposición produce, en general, contaminación localizada, pues de igual modo que en el relleno sanitario, la extensión del área de disposición es minimizada. Sin embargo, generalmente no dispone de impermeabilización de la base (comprometiendo la calidad de las aguas subterráneas, tampoco de sistemas de tratamiento de lixiviado ni de dispersión de los gases generados).

Este método es preferible al vertedero, pero, debido a los problemas ambientales que causa y a sus costos operacionales, es inferior al relleno sanitario.

Relleno Sanitario

Es un proceso utilizado para la disposición de residuos sólidos en la tierra, particularmente residuos sólidos domiciliarios.

El proceso se basa en criterios de ingeniería y normas operacionales específicas, permiten su confinamiento seguro en términos de control de contaminación ambiental y protección de la salud pública.

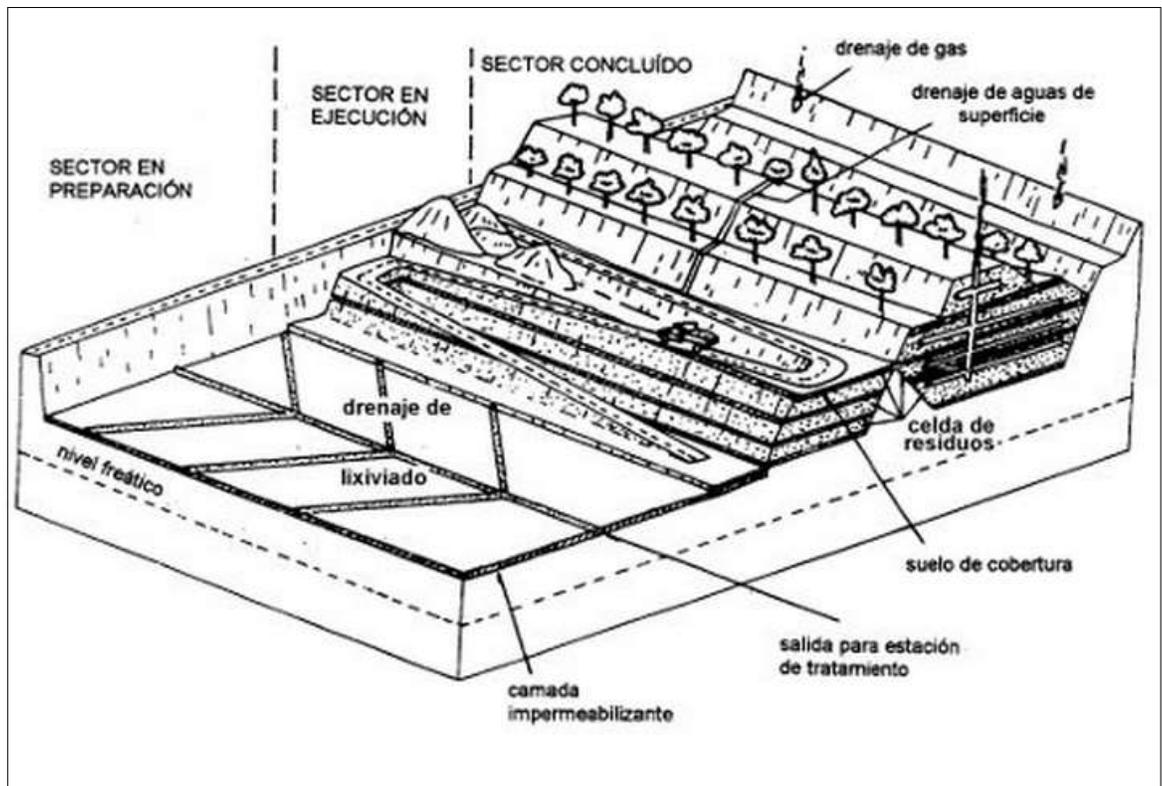


Figura 4. Relleno Sanitario

Fuente: CEMPRE y Arocena, 1998

Es por lo tanto una forma de disposición final de residuos sólidos urbanos en la tierra a través de su confinamiento en capas cubiertas con materia inerte, generalmente tierra, de modo de evitar daños o riesgos para la salud pública y la seguridad, minimizando los impactos ambientales.

Entre los principales problemas ocasionados por la disposición final se ha jerarquizado y clasificado según aspectos sanitarios, ambientales y operacionales.

Sanitarios: Fuego, humareda, mal olor, transmisión de enfermedades por macro (perros, gatos, ratones, gaviotas, otros) y micro vectores (moscas, mosquitos, bacterias, hongos, otros).

Ambientales: Contaminación del aire, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, contaminación del suelo, deterioro de la estética y paisaje.

Operacionales: Vías de acceso intransitables en tiempo de lluvia, ausencia del control del área, ausencia del control de residuos, ausencia de criterios para la colocación de residuos sólidos en el terreno.

2.8. Efectos de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

2.8.1 Sobre la Salud

Las afectaciones a la salud humana debidas a agentes físicos, químicos y biológicos contenidos en los RSU son el efecto principal de una deficiente gestión de los residuos. Los agentes típicos relacionados a los RSU que afectan la salud de los trabajadores y a la población expuesta a ellos son básicamente el olor y polvo, que pueden provocar cefalea, náuseas y estrés. Además, la presencia de fauna nociva (vectores) como ratas, cucarachas e insectos incrementa el riesgo de transmisión de enfermedades (por ejemplo, cólera o disentería). La acumulación de desechos en los drenajes que obstruye la circulación del agua pluvial durante la temporada de lluvias o del agua estancada durante la temporada seca, propicia la proliferación de estos vectores. La incidencia de dengue en países tropicales está asociada con la disposición inadecuada de vehículos abandonados, neumáticos y envases desechados en donde se almacena agua de lluvia que permite el desarrollo de los vectores (OPS, 2005).

La presencia de microorganismos patógenos también se ve favorecida por el aporte continuo de papel higiénico, gasas y pañales desechables, entre otros; sin embargo, estos agentes patógenos son poco resistentes a las condiciones ambientales desfavorables y sobreviven por poco tiempo en el exterior. Son muy pocos los datos de morbilidad derivados de estudios epidemiológicos que permitan asociar las enfermedades con los RSU. Algunos agentes presentes en los RSU que pueden mencionarse como causantes de enfermedades son los responsables de problemas intestinales (*Ascaris lumbricoides* y *Entamoeba coli*, por ejemplo), de enfermedades de origen viral (como la hepatitis tipo B) y los microorganismos responsables de algunas dermatitis (OPS, 2005; IBAM, 2006).

Vectores	Formas de contagio	Principales enfermedades
Ratas	A través de mordisco, orina y heces	Peste bubónica, <i>Tifus murino</i> , Leptospirosis
	Las pulgas que viven en el cuerpo de la rata	
Moscas	A través de las alas, patas y cuerpo	Fiebre tifoidea, Salmonelosis, Cólera, Amebiasis, Giardiasis
	De las heces y saliva	
Mosquitos	A través de picazón del mosquito hembra	Malaria, Leishmaniasis, Fiebre Amarilla, Dengue Filarias
	De las alas, patas y cuerpo	
Cucarachas	A través de las heces fecales	Fiebre tifoidea, Cólera, Giardiasis
Cerdos	Por ingestión de carne contaminada	Toxoplasmosis, Triquinosis, Teniasis
Aves	A través de las heces	Toxoplasmosis

Fuente: (OPS, 2005; IBAM, 2006).

Elaboración: FEMA/ MG, 1995

Cuadro 13. Enfermedades asociadas a residuos sólidos y transmitidas por vectores

2.8.2 Sobre el paisaje

El efecto ambiental más obvio del manejo inadecuado de los residuos sólidos municipales lo constituye el deterioro estético de las ciudades, así como del paisaje natural, tanto urbano como rural. La degradación del paisaje natural, ocasionada por la basura arrojada sin ningún control, va en aumento; es cada vez más común observar botaderos a cielo abierto o basura amontonada en cualquier lugar (CPISCA, 2002 y Jaramillo, 2003).

2.8.3 Contaminación del agua

Según CPISCA (2002) y Jaramillo (2003), el efecto ambiental más serio pero menos reconocido es la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, por el vertimiento de basura a ríos y arroyos, así como por el líquido percolado (lixiviado), producto de la descomposición de los residuos sólidos en los botaderos a cielo abierto.

La descarga de residuos sólidos a las corrientes de agua incrementa la carga orgánica que disminuye el oxígeno disuelto, aumenta los nutrientes que propician el desarrollo de algas y dan lugar a la eutrofización, causa la muerte de peces, genera malos olores y deteriora la belleza natural de este recurso.

Por otra parte, la presencia de RSU en los cuerpos de agua tiene diversas consecuencias; por ejemplo, en las aguas superficiales altera la estructura física del hábitat y afecta negativamente su calidad (Fatta *et al.*, 2000; Fetter, 2001; MEA, 2005), mientras que las subterráneas pueden contaminarse por la infiltración de los lixiviados. La problemática se agudiza con la presencia de residuos industriales o de compuestos químicos, como los derivados de las pilas y baterías que contienen materiales tóxicos (Semarnap-INE, 1999; Semarnat-INE, 2004; IBAM, 2006).

2.8.4 Contaminación del suelo (Bonfanti, 2004)

Los suelos pueden ser alterados en su estructura debido a la acción de los líquidos percolados, que al contaminarlos, los dejan inutilizados por largos periodos de tiempo. La contaminación del suelo es producto del sedimento de las aguas de inundación y de los anegamientos transitorios debido a las precipitaciones. Es importante destacar el impacto que sufren los suelos en las áreas de influencia de las lagunas de tratamiento de líquidos cloacales, como así también las zonas del basural municipal y los numerosos micro basurales.

2.8.5 Contaminación del aire (Bonfanti, 2004)

Paralelamente a las infecciones que promueve la exposición de la basura al medio ambiente urbano, la quema de residuos a la que recurren los pobladores de algunos barrios periféricos

y en basural municipal, en ocasiones puede derivar en lesiones muy graves para el sistema respiratorio, puesto que produce la suspensión de partículas que pueden ser altamente contaminantes; si a esto le agregamos los malos olores que producen, estamos en presencia de las principales causas de contaminación del aire que respiran los habitantes de la ciudad.

2.9. Residuos Sólidos Orgánicos (Flores, 2005)

2.9.1 Definición

Son aquellos residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, la mayoría de ellos son biodegradables (de descomponen naturalmente). Se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica.

2.9.2 Clasificación

Según Flores (2005) existen muchas formas de clasificación de los residuos sólidos orgánicos, sin embargo, las dos más conocidas están relacionadas con su fuente de generación y con su naturaleza y/o características físicas. Según su fuente de generación:

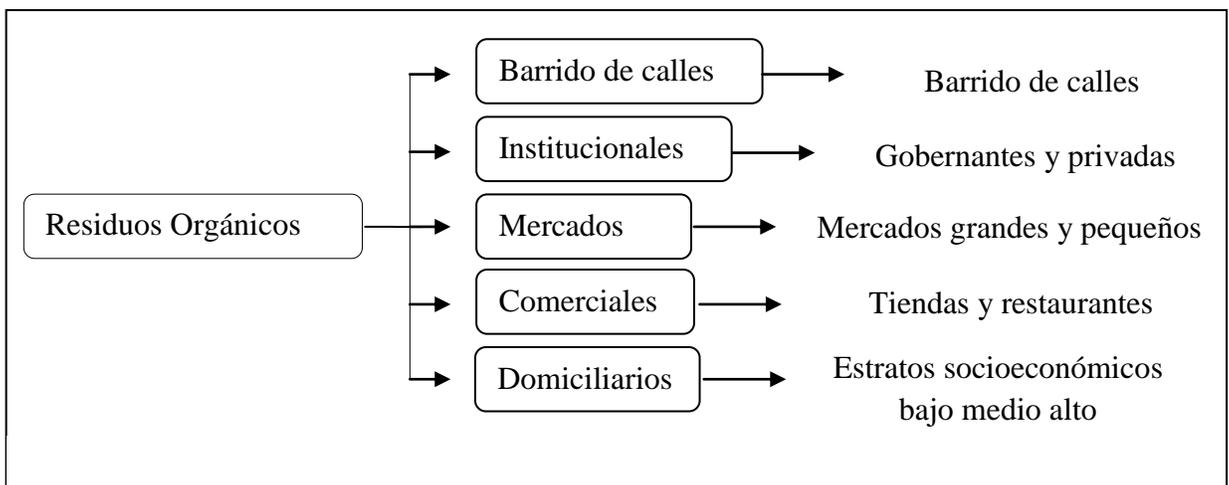


Figura 5. Clasificación de los residuos orgánicos municipales según su fuente

Fuente: Flores, (2005)

Residuos sólidos orgánicos provenientes del barrido de las calles: Consideramos dentro de esta fuente a los residuos almacenados también en las papeleras públicas; su contenido es muy variado, pueden encontrarse desde resto de frutas hasta papeles y plásticos. Aprovechamiento limitado por la dificultad de separación física.

Residuos sólidos orgánicos institucionales: Residuos provenientes de instituciones públicas (gubernamentales) y privadas. Se caracteriza mayormente por contener papeles y cartones y también residuos de alimentos provenientes de comedores institucionales.

Residuos sólidos de mercados: Son aquellos residuos provenientes de mercados de abastos y otros centros de venta de productos alimenticios. Es una buena fuente para el aprovechamiento e orgánicos y en especial para la elaboración de compost y fertilizante orgánicos.

Residuos sólidos orgánicos de origen comercial: Son residuos provenientes de los establecimientos comerciales, entre los que se incluyen tiendas y restaurantes.

Residuos sólidos orgánicos domiciliarios: Sin residuos provenientes de hogares, cuya característica puede ser variada, pero que mayormente contienen restos de verduras, frutas y residuos de alimentos preparados, podas de jardín y papeles. Representa un gran potencial para su aprovechamiento en los departamentos del país. Según su naturaleza y/o característica física:

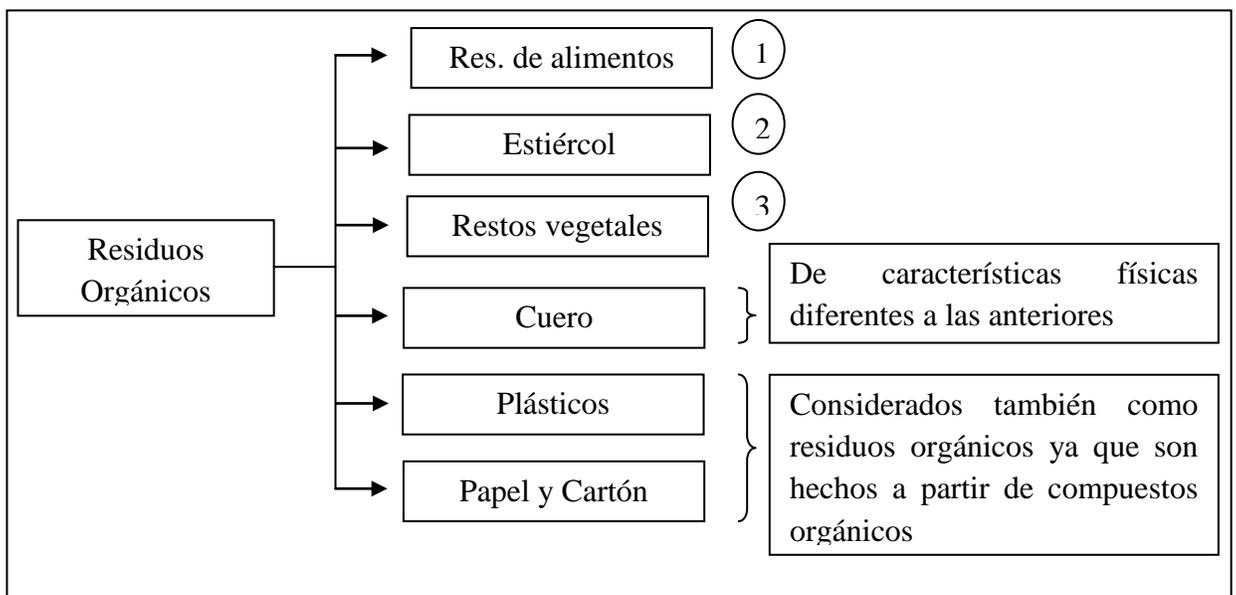


Figura 6. Clasificación generalizada de los residuos sólidos orgánicos

Fuente: Flores, (2005)

Residuos de alimentos: Son restos de alimentos que provienen de diversas fuentes, entre ellas: restaurantes, comedores, hogares y otros establecimientos de expendio de alimentos.

Estiércol: Son residuos fecales de animales (ganado) que se aprovechan para su transformación en bio - abono o para la generación de biogás.

Restos vegetales: Son residuos provenientes de podas o deshierbe de jardines, parques u otras áreas verdes.

Papel y cartón: Son residuos con un gran potencial para su reciclaje pero no es materia de desarrollo en éste trabajo

Plásticos: Son considerados como residuos de origen orgánico ya que se fabrican a partir de compuestos orgánicos como el etano (componente del gas natural), también son fabricados utilizando algunos derivados del petróleo.

2.9.3 Generación de residuos sólidos orgánicos (Flores, 2005)

La mayoría de los países de América Latina y el Caribe, la cantidad de materia orgánica presente en los residuos sólido urbanos supera el 50 % del total generado. El 2 % de estos recibe el tratamiento adecuado para su aprovechamiento; el resto es confinado en vertederos o rellenos sanitarios; otro porcentaje es dispuesto inadecuadamente en botaderos o es destinado a la alimentación de cerdos, sin un debido control y procesamiento sanitario.

Cuadro 14. Composición de los residuos sólidos municipales en diversos países de América latina

Composición de los residuos sólidos municipales en diversos países de América latina (porcentaje en peso)	
País	% de materia orgánica
México	43
Costa rica	58
El salvador	42
Perú	50
Chile	49
Guatemala	63.3
Colombia	52.3
Uruguay	56
Bolivia	59.5
Ecuador	71.4
Paraguay	56.6
Argentina	53.2
Trinidad y Tobago	27

Fuente: Flores, 2005

Elaboración: BID; OPS/OMS, 1997

2.9.4 Reciclaje de RSO

El reciclaje de los residuos es una opción que se puede considerar para evitar su acumulación. Éste consiste en separar los residuos orgánicos de los inorgánicos, muchos de los cuales, principalmente inorgánicos (papel, cartón, aluminio, etc.), es común que se reciclen, no sucediendo así con los residuos orgánicos, (Aguirre *et al.*, 2008).

Según Zepeda (1987), el reciclaje es muy conveniente cuando se logra a través de programas que promueven la separación de materiales en las casas, oficinas y otros centros de producción de residuos y se recolectan separados mediante un método informal.

Si se recuperara y procesara el porcentaje de materia orgánica de los RSU para su reutilización en la elaboración de compost, lombricultura o digestión anaerobia (reactores de biogás), se reduciría considerablemente el impacto adverso de los rellenos sanitarios. Requerirían menos espacio, promedio de vida mayor y además producirían menos lixiviados y metanos (GEO, 2003).

La fracción orgánica es reciclada mediante una bio transformación microbiológica aeróbica o bien empleando digestores anaeróbicos (Crespo, 2003).

Según Alegre *et al.* (1998) las ventajas de reciclaje resultan indiscutibles; sin embargo los proyectos de reciclaje deben considerar el aspecto de sostenibilidad económica para garantizar que sus beneficios sean permanentes.

El reciclaje de residuos sólidos orgánicos, como restos de cocina, maleza, estiércol, etc., en determinados poblados pequeños y zonas rurales merece ser considerado como una alternativa viable. Esta práctica reduce considerablemente el volumen de residuos que se debe recolectar y disponer. Además posibilita la recuperación y aprovechamiento de la fracción putrescible que normalmente causa molestias ambientales y acarrea riesgos de salud.

2.9.5 Ventajas del uso de RSO en el suelo (Matos, s/f)

Entre las ventajas de aplicar los residuos orgánicos al suelo destacan la mejora de las propiedades físicas, química y biológica y el aspecto ambiental.

Mejora las propiedades físicas del suelo. Incrementan el contenido de humus aumentando la capacidad de retención de agua u mejorando la estructura del suelo, factor fundamental para la penetración de las raíces, para un drenaje adecuado y para favorecer la aireación. Además contribuye por una parte a luchar contra la degradación del suelo y por otra para potenciar la estabilización del Carbono (C) orgánico de los suelos.

Mejora las propiedades químicas y biológicas. Son una fuente importante de nutrientes y su aplicación al suelo permite cerrar el ciclo de nutrientes. Pueden contribuir a paliar otros efectos adversos en el suelo, como es la acidez. Diversos estudios indican que estos residuos orgánicos cuando son aplicados en suelos ácidos pueden ser efectivos en la neutralización de la acidez. También produce el incremento de la actividad de los microorganismos del suelo, que a su vez mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Permite el ahorro energético y de materias primas necesarias para la fabricación de fertilizantes químicos. Permite la reducción del efecto invernadero. Los residuos orgánicos se incluyen como prácticas de manejo con el secuestro de C (carbono) del suelo. Se sabe que los sistemas de agricultura ecológica producen menos emisiones de gases de efecto invernadero que los sistemas convencionales, dado que el incremento de nitrógeno (N)

mineral y de los insumos de energía incrementan las emisiones de NO₂ (*Dióxido de Nitrógeno*) y CO₂ (*Dióxido de Carbono*).

2.9.6 Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos (Jaramillo y Zapata, 2008)

El aprovechamiento se entiende como el conjunto de las fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el procesamiento tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable.

Aprovechables son aquellos que pueden ser reutilizados o transformados en otro producto, reincorporándose al ciclo económico y con valor comercial.

La maximización del aprovechamiento de los residuos generados y en consecuencia la minimización de las basuras, contribuye a conservar y reducir la demanda de recurso naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir sus costos, así como a reducir la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final o que simplemente son dispuestos en cualquier sitio contaminando el ambiente.

Según Matos (s/f), los residuos orgánicos se contemplan cada día más no solo como un problema ambiental, sino como un recurso económico potencial, cuya recuperación puede conllevar importantes beneficios. El reciclaje de estos residuos es una de las vías aconsejadas para su eliminación de forma económica, beneficiando así a los suelos donde se incorporen aportando Materia Orgánica (MO) y nutrientes.

2.9.6.1 Tipos de Aprovechamiento de los RSO

2.9.6.1.1 Compostaje

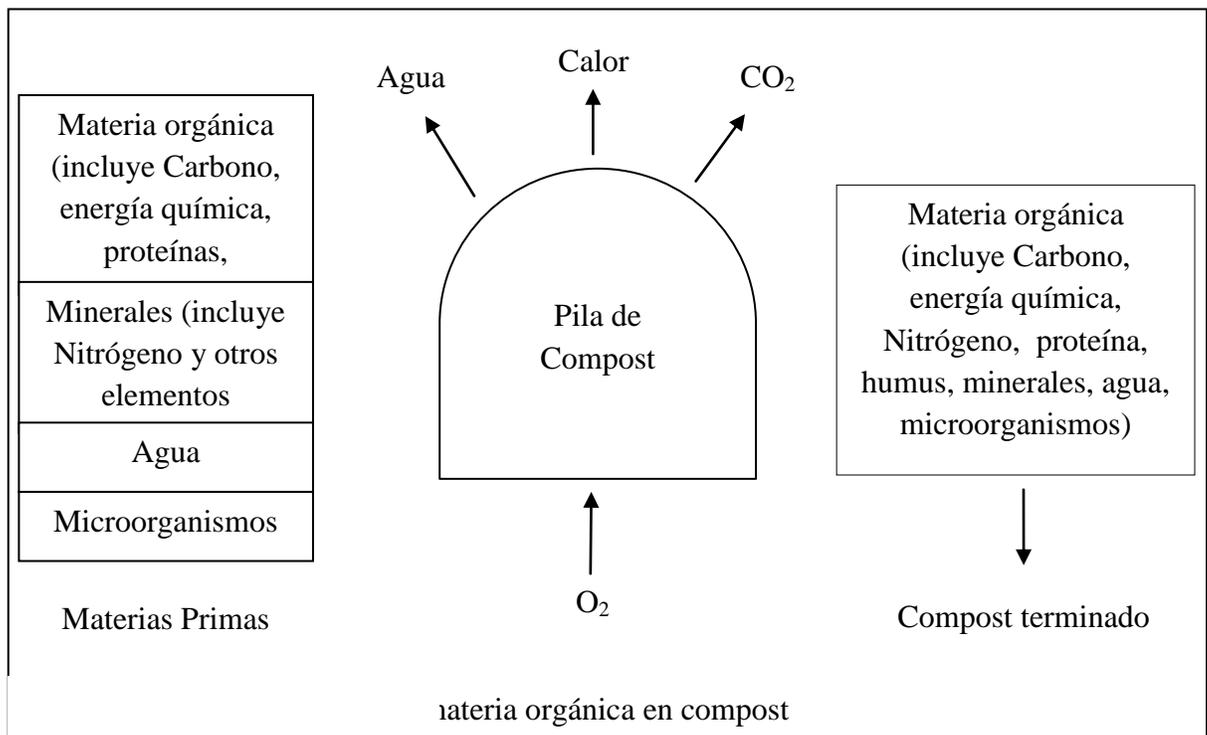
Según Fernández y Sánchez (2007), la palabra compost deriva del latín *compositus* y su significado sería poner junto. Los términos compost, compostaje o compostar, han pasado a ser habituales en nuestro lenguaje y abrevian con precisión el concepto de materia orgánica descompuesta.

El compostaje es un proceso natural y bio oxidativo, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos aerobios que requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, implica el paso por una etapa termófila dando al final como producto de los procesos de degradación de CO₂, agua y minerales como también una materia orgánica estable, libre de patógenos y disponible para ser utilizada como abono acondicionador de suelos (Jaramillo y Zapata, 2008).

Conforme Fernández y Sánchez (2007), la degradación ocurre debido a la acción de una gama de microorganismos y sus productos metabólicos, los cuales en condiciones adecuadas de pH, oxígeno, temperatura, fuentes de nutrientes y energía, actúan

conjuntamente realizando el proceso de compostaje natural que produce como resultado final el compost; producto de gran utilidad para mejorar las características físicas de los suelos tales como textura, retención de humedad, nivel nutricional.

A medida que el proceso de compostaje continúa la ruptura de materias crudas hacia formas simples de proteínas y carbohidratos, estas se hacen más disponibles para una amplia variedad de hongos, actinomicetos y especies de bacterias que los llevarán a estados mayores de descomposición.



Fuente: Fernández y Sánchez (2007)

Mediante la ruptura de los carbohidratos (almidones y azúcares) se producen, a través de un proceso rápido y completo azúcares simples, ácidos orgánicos y dióxido de carbono (CO₂). Cuando se produce la descomposición de las proteínas, estas rápidamente se degradan en péptidos, aminoácidos y entonces en compuesto amonio nitrogenados asimilables y nitrógeno atmosférico (N₂). Finalmente, especie de bacterias nitrificantes transforman los compuestos amoniacales en nitratos (NO₃⁻), los cuales son más asimilables para las plantas. La adhesión de humedad es necesaria como parte del proceso de compostaje para mantener la vida microbiana.

La materia prima para preparar el compostado es el residuo sólido orgánico. Mientras más variada sea la materia orgánica, mejor será la descomposición y la calidad del compostado.

La relación carbono/nitrógeno depende de las características de los productos de origen animal o vegetal. En la preparación del compostado la mezcla adecuada de residuos orgánicos debe tener una relación inicial carbono/nitrógeno de aproximadamente 30 a 40 (Alegre, 1998).

Conforme Alegre (1998), es necesario disponer de una mezcla de compuesto de alta y baja relación carbono/nitrógeno. Se debe evitar la compostificación únicamente con los compuestos indicados en las columnas de alta o baja relación carbono/nitrógeno.

Para la formulación correcta de un compostaje es necesario realizar cálculos de cada uno de los componentes a usar. Existe una técnica para realizar dichos cálculos adaptado de GTZ y Tchobanoglous *et al.*, (1993) mencionado por Rodríguez y Córdova (2006).

Según Schuldt (2006), en la compostación anaeróbica se libera Metano (CH₄) un gas de 20 a 30 veces más potente como trampa calórica en comparación con el CO₂ (Dióxido de Carbono). El CO₂ es utilizado por los vegetales en la fotosíntesis y su exceso es absorbido por las aguas de los océanos, transformándose en carbonatos. El metano (CH₄) en cambio disminuye el ozono estratosférico acentuando el efecto invernadero.

Cuadro 15. Técnica para la formulación de mezcla de compostaje

Material	Composición aproximada %		
	N	C	H ₂ O
Residuos mezclados de rastros	2,55	5,10	70
Lodos activados crudos	1,4	8,82	75
Estiércol de aves de corral	0,315	4,73	95
Lodos activados digeridos	0,47	7,38	75
Estiércol de vaca	0,170	7,38	90
Estiércol de Cerdo	0,300	3,06	92
Pasto	0,645	6	70
Maleza acuática	0,078	12,96	96
Estiércol de Oveja	0,938	1,64	75
Estiércol de Caballo	0,230	20,63	90
Residuos de Fruta	0,380	5,75	75
Paja de Avena	0,735	13,22	30
Fracción Orgánica de RSU	0,189	35,28	65
Hojas caídas recientemente	0,300	9,58	60
Paja de Trigo	0,210	26,88	30
Residuos de Aserraderos	0,098	16,58	25
Papel Mezclado	0,235	40,66	6
Aserrín	0,080	28	20

Revistas Comerciales	0,067	31,26	5
Madera	0,056	40,49	20
Papel Periódico	0,017	46,2	6
Papel Estraza	0,010	42,66	5
Agua	0	0	100
			Suma
C/N			
Humedad			

Fuente: Rodríguez y Córdova (2006)

Elaboración: GTZ 1999 y Tchobanoglous *et al.*, 1993

2.9.6.1.1.1. Factores del Proceso de Composteo (De la Cruz, s/f)

Aireación

El proceso de composteo puede ser de dos formas aerobio y anaeróbico. El aeróbico requiere de movimiento de aire en el interior de la pila de compost, para suministrar oxígeno y el anaeróbico se realiza con ausencia de aire en el interior de la pila. El proceso más rápido, eficiente y que genera composta de mejor calidad es el aeróbico.

La aireación estará en función del tamaño de las partículas del material, después estará en función de la frecuencia de volteo.

Humedad

El contenido de humedad es determinante para la degradación del material, ya que si se da exceso de humedad el proceso se vuelve anaeróbico, generando gas metano, malos olores y retardándose el proceso. La falta de humedad disminuye la actividad de los microorganismos por lo que no aumenta la temperatura y el proceso se retrasa. El contenido óptimo de humedad se sitúa entre 60 a 70 %.

Relación Carbono – Nitrógeno (C/N)

La relación C/N es de suma importancia ya que estos elementos los utilizan los microorganismos para su desarrollo, la mayoría de microorganismo usan 30 partes de peso en carbón por una de nitrógeno por lo que la relación es de 30/1, la ideal para un bueno composteo.

Debido a la naturaleza de los diferente materiales a compostar es necesario hacer mezclas para que la relación se acerque lo más posible a la anterior mencionada, los microorganismos utilizan el carbón como energía y el nitrógeno para la síntesis de proteína, si la relación tiene la proporción muy elevada de nitrógeno este se perderá como amoníaco

generando malos olores, si el elemento excedente es el carbono el proceso se realiza de manera lenta. Al finalizar el proceso la relación debe ser 12 a 1.

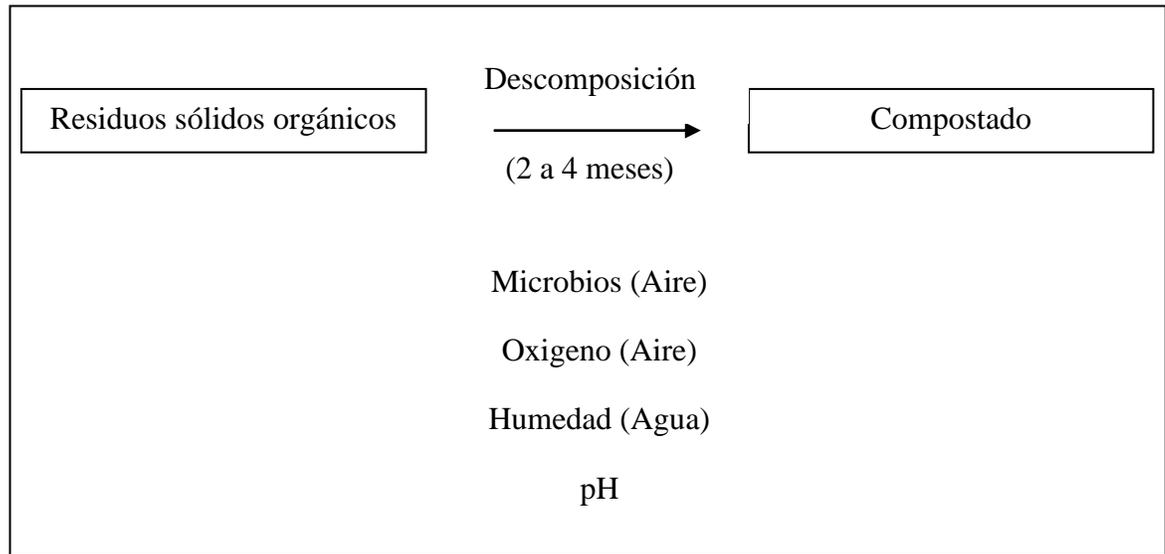


Figura 8. Compostificación en medio aeróbico

Fuente: Rodríguez y Córdova (2006)

Conforme De la Cruz, (s/f)

Temperatura

La acción conjunta de los demás factores se reflejara en la temperatura, ya que el proceso de composteo se inicia con la acción de los microorganismos mesófilos que se desarrollan de manera optima entre los 20 °C y los 35 °C, estos microorganismos son los responsables del calentamiento inicial de la composta y son sustituidos por los microorganismos termófilos que elevan la temperatura hasta 75 °C, en la fase termofílica la descomposición de los materiales es más rápida.

El exceso o falta de alguno de los factores mencionados se refleja en la temperatura, por lo que no puede calentarse la composta o generar demasiado calor que afecta el proceso.

Tamaño de las partículas a compostar

La velocidad de descomposición de los materiales aumenta conforme disminuye su tamaño, ya que al disminuir el tamaño de las partículas aumenta su área superficial, por lo tanto habrá una mayor área de contacto entre las partículas y los microorganismos.

No es forzosamente necesario que los materiales se fragmenten para compostar, este solamente acelera el proceso.

Volumen de la Composta

Es otro de los factores que influye en la velocidad y uniformidad del composteo. Compostas demasiado pequeñas se resecan muy fácilmente y no pueden retener el calor necesario para un rápido composteo. Compostas demasiado grandes impiden la entrada de oxígeno hacia el centro de la composta y la degradación no se realiza de manera uniforme.

Frecuencia de Volteo

Ya formado el monte de composta es necesario voltearlo, la frecuencia influye en la velocidad y en la uniformidad de descomposición, porque el material que queda en la superficie no se degrada con la misma velocidad que el del interior.

En compostas grandes lo más recomendable es voltearlo cada ocho a quince días, mientras que en pequeños cada tres días.

2.9.6.1.1.2 Etapas del Compostaje (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005)

Las etapas de fermentación del Compost se pueden dividirse en 5 fases:

Latencia: Puede durar aproximadamente 24 horas y corresponde a la temperatura ambiente; termina cuando se produce un incremento en la temperatura del núcleo de la pila o caja de fermentación.

Mesotérmica (10 a 40 °C): En esta etapa los microorganismos presentes en los residuos orgánicos descomponen las bio moléculas a través de reacciones químicas que generan calor y la temperatura se incrementa paulatinamente. De igual manera el pH desciende por la producción de ácidos orgánicos durante los proceso de descomposición.

Termogénica (40 a 75 °C): En esta fase predominan las variedades de bacterias termófilas; durante esta etapa se destruyen todos los organismos mesófilos: los patógenos, los hongos, las esporas, las semillas, y elemento biológicos. Se alteran las sustancias fáciles de degradar. El pH se hace alcalino a medida que libera el amonio (NH_4) de las proteínas. La velocidad de reacción disminuye cuando quedan solo materiales más resistentes a la descomposición y el material entra, entonces, en una fase de enfriamiento.

Enfriamiento: A medida que desciende la temperatura, las variedades de microorganismos mesófilos reaparecen y los hongos, resistentes a las altas temperaturas, nuevamente invaden el material y comienzan a atacar a la celulosa. Este proceso se realiza bastante rápido.

Maduración: Corresponde a la última etapa del proceso fermentativo aquí es donde el Compost se estabiliza finalmente. Los diferentes tipos de microorganismos que participan en la degradación de la materia orgánica.

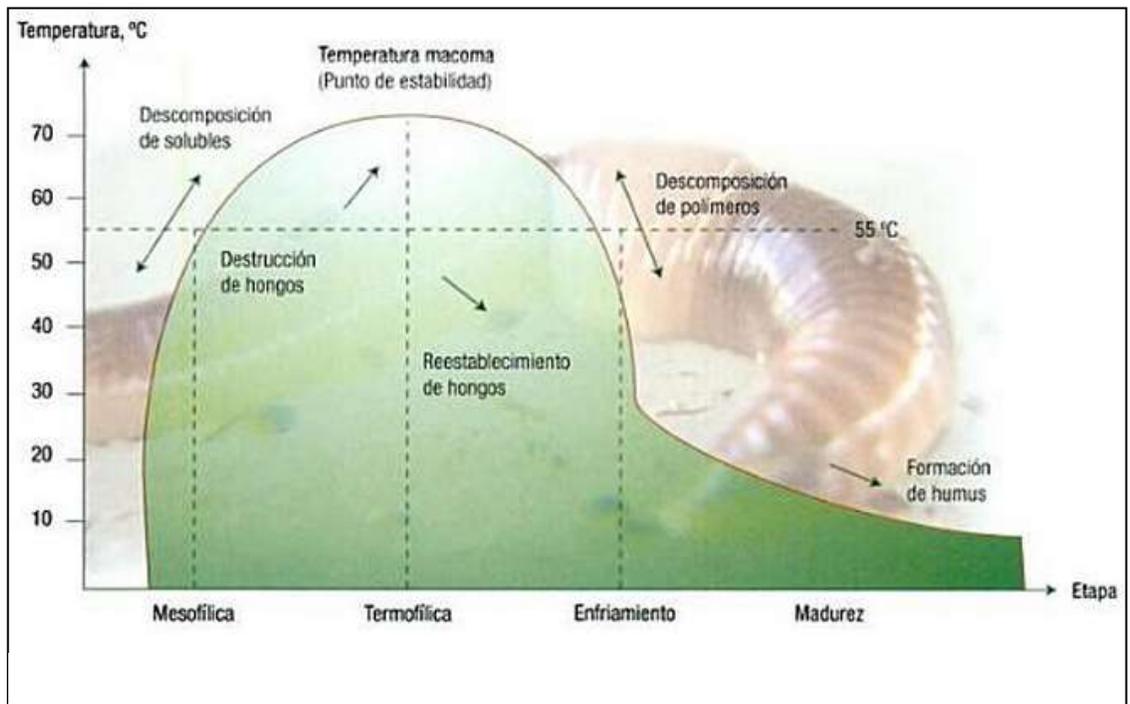


Figura 9. Cambios térmicos durante las etapas del proceso de fermentación y compostaje
Fuente: Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2005

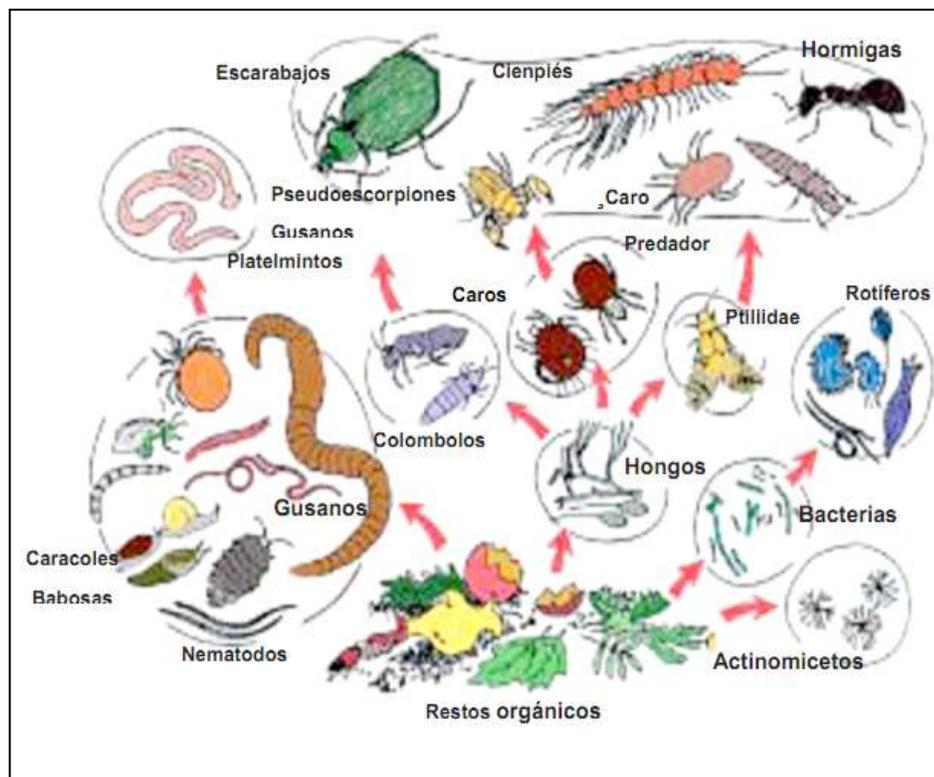


Figura 10. Insectos y microorganismos que participan en el proceso de compostaje
Fuente: Fernández y Sánchez (2007)

2.9.6.1.2 Lombricultura

La Vermicultura o Lombricultura, es el cultivo de lombriz cuyo producto principal es la lombriz (Harina de Lombriz); mientras que el Vermicompostaje es la producción de Humus (Abono) a partir de la Lombriz (Verdejo, s/f).

En la actualidad la lombricultura ha tomado un gran auge como solución a los problemas de residuos orgánicos. Las diversas actividades del hombre generan toneladas de residuos orgánicos, que la naturaleza por sí sola no puede degradar. La acumulación diaria de desechos orgánicos ocasiona la aparición de foco de infección, proliferación de moscas, contaminación de suelos y aguas. La lombricultura se presenta como una alternativa de reciclaje, rápida y barata (Fogar *et al.*, s/f).

Según Bravo (1996), muchos países del mundo, están empeñados, debido a los altos costos de los tratamientos de desechos, en seguir investigando sobre una técnica moderna de explotación de la lombriz de tierra. Hoy se puede afirmar en forma categórica, que ya se tiene una técnica perfectamente desarrollada cuyo fruto se puede apreciar en muchas partes del mundo. Hoy en día, Ecuador, Chile y Colombia son los pioneros en América Latina de grandes explotaciones industriales de la lombriz Roja Californiana.

Hoy se conocen aproximadamente 8 000 especie de lombrices, pero solo 3.500 de ellas han sido estudiadas y clasificadas, de las cuales 3 500 pocas han sido domesticadas y adaptadas para cultivarlas en criaderos.

Las lombrices pueden ser llamadas indicadores biológicos de la fertilidad del suelo, ya que lo mantienen saludable con los niveles correctos de bacterias, hongos, actinomicetos, protozoarios, insectos, arañas, milpiés y un sinnúmero de organismo esenciales para la sostenibilidad del suelo. Los restos orgánicos pueden ser descompuestos y fragmentados rápidamente por éstas, obteniendo un material inocuo, de gran estructura que tiene un gran potencial y valor económico como acondicionador del suelo para el desarrollo de las plantas. En el vermicompostaje se acelera el proceso y se obtiene un excelente abono, el Humus, Lombricompostado o Vermicompost (Gupta, 2004).

2.9.6.1.2.1 Las Lombrices (ACTAF, s/f)

La influencia de las lombrices en los suelos agrícolas era conocida ya en el antiguo Egipto. Los faraones la consideraban “animal sagrado” y preveían castigos muy severos para quienes las dañaran. El filósofo griego Aristóteles las definió como “los intestinos de la tierra”. Los romanos también apreciaron a las lombrices, aunque no es hasta el siglo IX cuando Darwin, en su libro *La formación de la tierra vegetal por la acción de las lombrices* publicado en 1881, explica la verdadera función de estos invertebrados en el suelo.

A mediados de los años 40 se comenzó en Estado Unidos la cría intensiva de lombrices con el fin de obtener humus de lombriz. Inicialmente se utilizó la especie *Eisenia foetida*, también conocida como lombriz roja californiana, la cual posteriormente por razones de

crianza, reproducción y por la variedad de residuos orgánicos que ingiere ha resultado ser la lombriz más adecuada para la lombricultura.

Las especies más utilizadas son *Eisenia foetida* (Roja californiana), *Eudrilus eugeniae* (Roja africana), *Eisenia andrei*, *Perionyx excavatus* y *Lumbricus rebellus*. En Cuba se han utilizado fundamentalmente la *Eisenia foetida* y la *Eudrilus eugeniae*.

Las principales características que las hacen idóneas para ser utilizadas en los sistemas de lombricultura son las siguientes:

- Son ubicuas y colonizan diversos residuos orgánicos de forma natural.
- Toleran amplios rangos de temperaturas y humedad
- Son fuertes, resistentes y fáciles de manejar.
- Poseen una elevada tasa de reproducción.
- Son colonizadoras efectivas de todo tipo de ambientes ricos en materia orgánica, pudiendo reemplazar a alguna de las especies nativas ya establecidas.
- Viven en cautiverio sin fugarse de su lecho, independientemente de las condiciones de clima y altitud.
- Consumen diariamente una cantidad de residuos equivalente, prácticamente, a su propio peso.

Según Verdejo (s/f), las lombrices rojas "californianas" fueron criadas intensivamente a partir de los años 50 en California (EEUU). Posiblemente podrían haber sido los vitivinicultores de California que importaron de Italia las primeras lombrices). Esta lombriz originaria de Eurasia (Europa). Al presente es la especie más cultivada en el mundo entero, dada su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales pH, temperatura, humedad, potencial reproductor y capacidad de apiñamiento.

Según ACTAF (s/f), están clasificadas en el reino animal como Anélidos, de la clase de los Oligoquetos (nombre que procede del griego *oligo* – escaso- y *quetos* – pelos-, referido a las diminutas filas de cerdas que recorren la parte ventral y lateral de su cuerpo, las cuales sirven como elemento de agarre durante el desplazamiento). Pertenecen a la familia Lumbricidae y su cuerpo está constituido por una serie de anillos o metámeros en lo que se repiten los mismos órganos. Viven en ambientes húmedos, rehúyen la luz y se nutren de sustancias inorgánicas y restos orgánicos vegetales y animales en descomposición, por lo que son excelente recuperadores de los suelos. Se encuentran preferiblemente en los suelos ciertamente arcillosos y con un alto contenido de materia orgánica, u por lo general son escasas tanto en suelos arenosos como en suelos fuertemente ácidos.

La capacidad de las lombrices de barrenar el suelo y depositar sus excreciones en las galerías que forman, influye favorablemente sobre las propiedades físicas del mismo, favoreciendo la formación de agregados estables.

Estas garantizan además la aireación y favorecen la infiltración del agua. Se estima que el 5 % del volumen total de los suelos agrícolas es barrenado, lo que permite un aumento significativo de su porosidad. Durante su movimiento las lombrices mezclan la materia orgánica con los componentes minerales del suelo, lo cual crea condiciones favorables para el crecimiento de las plantas. Se puede afirmar que las lombrices son verdaderas agricultoras naturales, capaces de labrar y fertilizar la tierra. La presencia de lombrices y deyecciones de las mismas en la superficie de los suelos es síntoma de actividad y fertilidad del sistema. (ACTAF, s/f)

Para alimentarse, la lombriz succiona la comida a través de su boca. Sólo necesitan para sobrevivir que el sustrato donde se encuentran sea lo suficientemente húmedo y tierno, para poder ser absorbido por su minúscula boca. La lombriz roja adulta pesa casi un gramo. Ingiere diariamente una cantidad de comida equivalente a su peso, despidiendo en forma de humus el 50% de la misma, asimilando el resto (Roballos, s/f).

La acción de la lombriz en su proceso digestivo produce un agregado notable de bacterias que actúan sobre los nutrientes macromoleculares, elevándolo a estados directamente asimilables por las plantas, lo cual se manifiesta en notable respuesta de las cualidades organolépticas de frutos y flores, como así también resistencia a los agentes patógenos (Bravo, 1996).

Conforme ACTAF (s/f), la población de lombrices en los suelos aumenta considerablemente como consecuencia del manejo conservacionista, fundamentalmente con la introducción de sistemas de labranza reducida y poco profunda, así como la rotación y el uso de cultivo cobertores.

De igual forma aumenta con el incremento del abonado orgánico y la disminución del uso de agroquímicos.

Las excreciones de las lombrices o castings, que están compuestas por un complejo de materia orgánica y suelo digerido, se encuentran por lo general en la superficie del suelo o en las galerías.

Es conocido que la excreta de lombriz está compuesta por una alta proporción de complejo humus-arcilla, lo que confiere al suelo una mayor retención de humedad y mayor protección contra la erosión.

Generalmente se considera que, de la compleja fauna del suelo, la lombriz es el animal que consume mayor cantidad de materia orgánica. Cuando existe una concentración elevada de lombrices en el suelo, los procesos de mineralización y síntesis de humus se aceleran,

debido fundamentalmente a la acción que ejercen los microorganismos asociados a las excretas de estos animales.

2.9.6.1.2.1.1 Clasificación de las Lombrices (ACTAF, s/f)

Desde el punto de vista ecológico las lombrices se clasifican en:

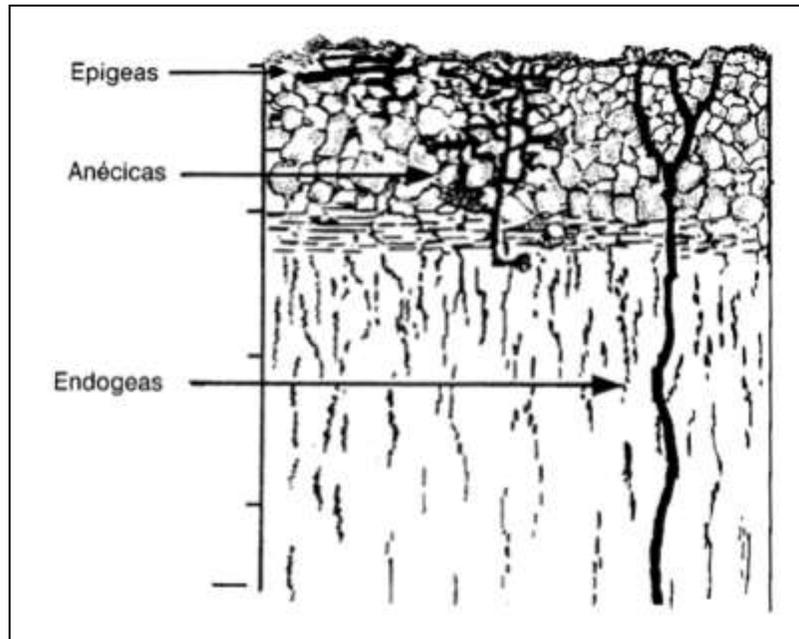


Figura 11. Clasificación ecológica de las lombrices
Fuente: ACTAF s/f

Endógeas: Viven en niveles profundos del suelo donde cavan galerías y se alimentan de la materia orgánica y minerales presentes. Poseen baja tasa de reproducción y no desarrollan pigmentos.

Anécicas: Cavan galerías en el suelo en forma de U donde pasan la mayor parte de su tiempo. Este tipo de lombrices cumplen un papel muy importante en la aireación y el condicionamiento del suelo (desmenuzamiento, neutralización del pH, aporte de microorganismos) A este grupo pertenece la lombriz de tierra o lombriz común (*Lumbricus terrestris*)

Epigeas: A este grupo pertenecen las lombrices utilizadas en Lombricultura. Viven en la superficie de los suelos, en acumulaciones de materia orgánica y no cavan galerías. Estas características originan que estén en constante peligro, ya sea por la acción directa del hombre o por otras causas, como inundaciones, frío, incendios, escasez de comida. No obstante, este grupo posee determinadas características que les permiten sobrevivir, como son: su alta capacidad de reproducción, de aprovechamiento de alimento y su capacidad para producir capullos resistentes.

Taxonómicamente, las especies de mayor interés para la lombricultura presentan la siguiente clasificación:

Cuadro 16. Clasificación taxonómica de la lombriz

Reino	Annelida
Clase	Clitellata
Subclase	Oligochaeta
Orden	Haplotaxia
Familia	Lumbricidae
Géneros	Eisenia, eudrilus, Perionyx, Lumbricus
Especies	<i>Eisenia foetida</i> , <i>Eisenia andreia</i> , <i>Edrilus eugeniae</i> , <i>Perionyx excavatus</i> , <i>Lumbris rubellus</i>

Fuente: ACTAF s/f Las Lombrices Capítulo 3.

2.9.6.1.2.1.2 Morfología de la Lombriz (CPA, s/f)

La lombriz es un animal alargado, cilíndrico, anillado y en estado adulto de longitud entre 5 y 45 cm de acuerdo a la especie. Su cuerpo está revestido de una fina cutícula que la protege de la desecación. Todos los anillos son iguales excepto el primero y último donde se encuentran la boca y el ano respectivamente. En la madurez sexual aparece una zona glandular diferenciada conocida como clitelo.

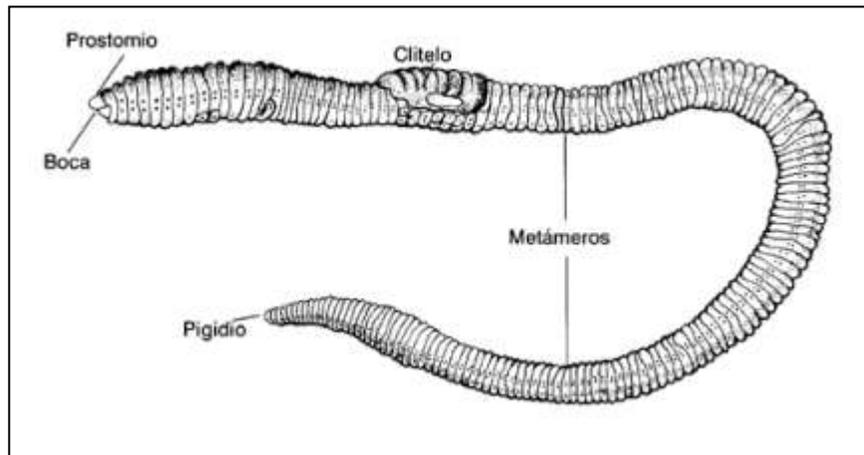


Figura 12. Morfología externa de la lombriz

Fuente: ACTAF s/f

2.9.6.1.2.1.3 Reproducción (CPA, s/f)

Las lombrices son hermafroditas insuficientes, lo cual quiere decir que cada individuo posee órganos sexuales de ambos sexos y por lo tanto produce óvulos y espermatozoides, pero no se auto fecunda, necesitando de apareamiento con otro individuo. Durante el apareamiento de aproximadamente 15 minutos, coinciden los clitelos y poros sexuales masculinos y femeninos de cada individuo, se realiza el intercambio de material espermático.

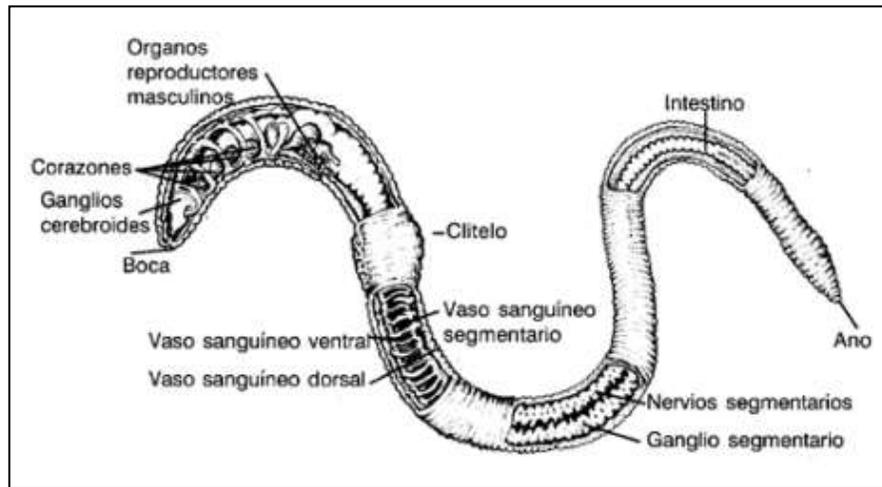


Figura 13. Morfología interna de la lombriz
Fuente: ACTAF s/f

En el caso de la *Eisenia foetida*, su ciclo reproductivo es como sigue: a los aproximadamente 7 días del apareamiento cada individuo deposita de 1 a 2 capullos, los que eclosionan a los 14-21 días y nacen entre 2 y 4 individuos por capullo, los cuales alcanzan la adultez a los 45-90 días dependiendo de las condiciones del cultivo. Hay que señalar que aunque las lombrices tienen un alto poder de regeneración no es un mecanismo de reproducción.

2.9.6.1.2.1.4 Condiciones de vida (ACTAF, s/f)

Como se mencionó anteriormente, las especies de lombrices de interés para la lombricultura son adaptables y pueden vivir y reproducirse en diferentes condiciones ecológicas. No obstante, como todo organismo vivo, requieren para su óptimo desarrollo condiciones bien definidas, la mayoría de las cuales pueden ser controladas por el hombre; estas son fundamentalmente la temperatura, el pH, la humedad y la alimentación adecuada. Cuando las lombrices están en los rangos óptimos de dichos parámetros son capaces de vivir, reproducirse y producir humus.

Cuadro 17. Incidencia físico química sobre comportamiento de las lombrices *Eisenia foetida* y *Eudrilus eugeniae* durante el proceso de lombricultura

Parámetro	Especies	Efectos sobre la lombriz					
		Muerte	Letargo	Produce humus		Letargo	Muerte
				Rango	Valor óptimo		
pH	Ambas	< 5	< 6.5	6.8 - 8	7.5	> 8.5	> 9
Humedad		< 50	< 75	80 - 85	82	> 88	> 90
Temperatura	<i>Eisenia foetida</i>	0	< 7	14 - 27	20	> 33	> 42
Temperatura	<i>Eudrilus eugeniae</i>	< 15	< 19	20 - 26	24	> 33	> 42

Fuente: ACTAF (s/f)

Bajo condiciones desfavorables, inicialmente las lombrices únicamente se alimentarán, pero no se reproducirán con lo que la población se estanca (las lombrices juveniles no pasarán a adultas y las adultas no se acoplarán, por lo que no habrá capullos) y disminuirá la producción de humus. Si las condiciones de vida se hacen más adversas, las lombrices entran en latencia y solo se alimentarán para sobrevivir, pero ni se reproducen ni producen humus (en estas condiciones en el cultivo solo quedarán lombrices juveniles que son más resistentes que las adultas). Por último y ante condiciones extremas se produce la muerte de las lombrices.

En función de lo señalado, un productor con suficiente experiencia en el cultivo, por apreciación visual de la población de lombrices puede detectar cualquier problema que esté afectando el desarrollo del mismo y podrá entonces tomar las medidas para rectificarlo a tiempo.

2.9.6.1.2.1.5 Trastornos fisiológicos (CPA, s/f)

No se reporta conocimiento de ninguna enfermedad que padezcan ni transmitan las lombrices, ni son hospederos intermediarios o vectores de parásitos del hombre o los animales.

Pueden sufrir trastornos o anormalidades fisiológicas. El más común es conocido como “síndrome proteico” y es provocado por exceso de proteínas en el alimento. También se reportan anormalidades fisiológicas por afectaciones de pesticidas u otros agentes nocivos.

2.9.6.1.2.1.6 Enemigos naturales (CPA, s/f)

El hombre es quizás el principal enemigo en lombrices silvestres causa serios daños por la aplicación de productos químicos diversos. En los sistemas cultivados, el mal manejo de los mismos propicia la muerte de grandes poblaciones.

Los ratones, ranas y aves son los principales vertebrados que atacan los criaderos, pero de fácil control. Un gran número de invertebrados son depredadores de las lombrices, como ácaros, hormigas, tijeretas, etc. Por lo general una buena humedad y pH superiores a 7 evitan la presencia de los mismos en sistemas de cultivo.

En los países tropicales y subtropicales la planaria (*Bipalium kewense Moseley*) es sin duda el principal enemigo dentro de los cultivos de lombrices.

Es un gusano aplanado dorso ventralmente, de longitud entre 5 y 30 cm, reportándose hasta 60 cm. De color amarillo ocre en el dorso, con líneas a lo largo de color carmelita oscuro. Es rosado amarillento en la región ventral. Boca ventral con faringe blanca extensible para los ataques. Se reproduce por huevos y por fragmentación. Prefiere los sustratos envejecidos, de pH ácido u no muy húmedos (< 50 %). Son de poca movilidad y principalmente en horas nocturnas. Es depredador de las lombrices, se adhiere a ellas y las succiona hasta matarlas. Una población de catorce metros cuadrados es capaz de reducir la población de lombrices en un 75 %.

Principales medidas de control:

- No alimentar con sustratos orgánicos viejos de pH inferior a 7, es decir ácidos.
- No permitir estadías largas sin cosechar el humus.
- Mantener siempre una humedad adecuada, superior a 75 %.
- Revisar minuciosamente las áreas de traslado de pie de cría para evitar su contaminación.

2.9.6.1.3 Implantación del Sistema de Vermicompostaje (ACTAF, s/f)

La Lombricultura es una técnica para la transformación de los residuales sólidos orgánicos por medio de la acción combinada de lombrices y microorganismos. Esta técnica permite aprovechar y transformar prácticamente todos los residuales sólidos orgánicos derivados de las actividades agrícolas, ganaderas, agroindustriales y urbanas, obteniéndose abono orgánico conocido con el nombre de humus de lombriz, vermicompost, lombricompost o lumbrihumus, además de proteína animal (lombrices).

Entre los factores a considerar en un sistema de Vermicompostaje encontramos:

2.9.6.1.3.1 Sustratos

Un gran número de los residuales sólidos orgánicos generados por las actividades agrícolas, urbanas e industriales pueden ser utilizados como sustratos en la lombricultura. Por lo general, las mezclas de varios residuales son transformadas por las lombrices más rápido

que de forma individual. Los residuales orgánicos o mezcla de ellos a utilizar deben cumplir los siguientes requisitos:

- Retener humedad para que sean accesibles a la lombriz.
- Permitir el paso del aire y el drenaje del exceso de agua.
- Tener un tamaño de partícula no muy grueso (menor o igual a 2 cm).
- Tener una relación C/N entre 20 y 30 (aunque es posible transformar residuos con un amplio rango de C/N: 10-50).
- Presentar un escaso contenido en metales pesados, sales y contaminantes orgánicos.
- Tener poco contenido en sustancias minerales.
- No presentar un alto contenido en proteínas.

Conforme ACTAF (s/f) se ha comprobado que los siguientes residuos orgánicos pueden ser transformados por la acción de las lombrices:

- Residuos agrícolas y ganaderos, que incluyen los estiércoles del ganado vacuno, equino, ovino caprino, cunícula, gallinaza, porcino y otros, así como diferentes residuos de cosecha.
- Residuos urbanos, que incluyen fracciones orgánicas de basuras urbanas, lodos de plantas de depuración de aguas residuales urbanas, residuos de jardines y parques.
- Residuos de industrias agroalimentarias (azucarera, cafetalera, citrícola, oleícola, etcétera) y desechos de plantas beneficiadoras de frutas.
- Papel, cartón, servilletas siempre y cuando no contenga tintas, pues resultan tóxicas.

En cambio, no ingieren metales, plásticos, vidrios, gomas ni residuos con alto contenido en proteínas (restos de carne y pescados).

No obstante, la mayoría de los residuos orgánicos casi nunca se presentan en condiciones de ser ingeridos directamente por las lombrices, siendo el pH ácido el principal factor limitante, pues como se conoce la lombriz posee una capacidad limitada para neutralizar los alimentos con el calcio que producen sus glándulas calcígenas.

Por tanto, salvo raras excepciones (estiércol de conejo y caballo), será necesario someter el residual a un proceso previo de adecuación, mediante el cual el mismo adquirirá las características que lo hagan apetecible y asimilable por la lombriz. Dentro del grupo de pre tratamientos se pueden considerar: el lavado previo, el pre compostaje, la maceración y el mezclado entre residuales de diferente tipo. Especial cuidado debe tenerse cuando se

utilizan los residuales sólidos urbanos, por cuanto los mismos pueden contener metales pesados u otros contaminantes orgánicos y biológicos (hidrocarburos, microorganismos patógenos).

2.9.6.1.3.2 Clasificación de Residuos (Röben, 2002)

Para obtener resultados satisfactorios de la clasificación domiciliaria, los siguientes factores son muy importantes.

- Capacitación intensiva (lo óptimo es la capacitación personal puerta a puerta) al inicio del proyecto.
- Capacitación continua durante la implementación del proyecto (repetición de la capacitación, entrevistas para obtener ideas y críticas de la población, publicación de los resultados del proyecto)
- Sistemas sencillos, baratos, fáciles de aplicar para el municipio y cómodos para los habitantes
- Monitoreo continuo de la clasificación
- Implementación con consecuencia y persistencia por parte de los encargados

La experiencia en países y ciudades y culturas diferentes muestra como denominador común que los resultados de la clasificación permanecen a un nivel muy bajo durante los primeros meses. Es muy importante que no se desesperen entonces los iniciadores del proyecto pero continúen con la capacitación y la implementación. Se necesita un tiempo de 2 años o más para que la clasificación domiciliaria se haga costumbre en la población.

El pre tratamiento puede consistir en: En el lavado previo, el pre compostaje, la maceración y el mezclado entre residuales de diferentes tipos.

Previo al ingreso de las lombrices, es conveniente crear condiciones que propendan a la elevación térmica de la pila a compostar, asegurando de este modo una cierta pasteurización de los residuos tratados, ya que el efecto bactericida del pasaje por el tubo digestivo de las lombrices se restringe a los coliformes (Rodríguez *et al.*, 2006).

2.9.6.1.3.3 Selección del sitio adecuado (Aguirre *et al.*, 2008)

El lugar que se seleccione debe estar protegido para hacer las camas o contenedores sin peligro de ataque de aves, roedores, etc. Es importante que el lugar esté sombreado. También que posea buen drenaje y abastecimiento de agua para proporcionar la humedad necesaria.

La selección del área que se destina a la lombricultura es de vital importancia para el desarrollo del cultivo. Debe cumplir los siguientes requisitos:

- Estar ubicada cerca de una fuente de agua sin contaminación
- Estar cerca de la principal fuente de residual que vaya a ser utilizado
- Poseer un buen drenaje y ser llana o con una ligera pendiente
- Estar alejada de zonas de inundaciones frecuente o de arrastres por fuertes lluvias
- Poseer sombra natural o artificial.

2.9.6.1.3.4 Construcción de los Lechos (Shuldt, 2006)

En la explotación de lombrices, la mitad del espacio disponible debe estar ocupado por los lechos y la otra debe estar destinada al depósito de la materia orgánica para la alimentación de las lombrices, al espacio para fermentación y a terrenos previstos para una futura expansión.

Las camas, lechos o módulos consisten en un espacio rectangular delimitado por diferentes estructuras que soporten las condiciones ambientales por un prolongado espacio de tiempo. La mayor parte de los materiales usados para la construcción de los módulos varía de acuerdo con el clima, la disponibilidad en la finca o en la región, el costo y la durabilidad. En climas templados se acostumbra a construir camas en guadua o esterilla de guadua, malla, caña brava, o troncos de madera de diferentes especies; mientras que en climas templados a fríos se utilizan materiales que permitan una adecuada temperatura y humedad del lecho. El techo puede ser tejas de zinc, cartón, hojas de palma u hojas de plátano.

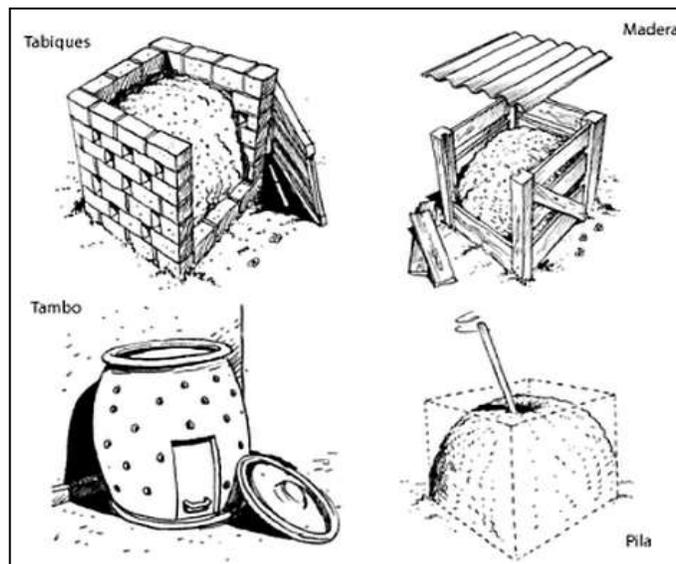


Figura 14. Algunos ejemplos de sistemas domésticos de compostaje

Fuente: Fernández y Sánchez (2007)

2.9.6.1.3.5 Prueba de Caja

Según ACTAF, s/f no es más que una prueba biológica donde se utiliza la lombriz como animal de ensayo. Esta se realiza para conocer el estado del residual o alimento que se va a aplicar, ya que no basta conocer que su pH sea adecuado, pues a veces hay sustancias químicas que no lo alteran pero que son perjudiciales para las lombrices.

Esta prueba consiste en colocar 50 lombrices adultas en una caja de madera u otro material con el sustrato que se pretende proporcionar como alimento. A las 24 horas se hace un conteo de las lombrices, si hay menos de 49 vivas, significa que el alimento no puede utilizarse y debe continuar su adecuación. La prueba de caja es obligatorio cumplimiento antes de proceder a la alimentación de canteros. (ACTAF s/f)

Es necesario mencionar que la aceptación del alimento está relacionada con el desplazamiento superficial sin ingreso al sustrato, transcurridos cinco minutos es un comportamiento que indica falta de aceptación del medio/alimento. (Schuldt, M. *et. al* 2005)

2.9.6.1.3.6 Alimentación

La alimentación de las lombrices se realiza colocando una capa de 10 a 15 cm de espesor de pre compost cada 7 a 10 días en dependencia de la necesidad alimenticia de las lombrices. Una forma simple de saber la necesidad de alimento es cuando al observar la superficie del cantero nos damos cuenta que el humus recién excretados tiene la apariencia de borra de café y forma de pequeños tabaquitos, éste síntoma característico e inequívoco de que es necesario alimentar a las lombrices (Lescaille, 2004).

Para calcular la cantidad de composta hay que multiplicar el volumen de la cama por 2. (Aguirre *et al.*, 2008)

Según ACTAF (s/f), la cantidad de alimento a suministrar, así como la frecuencia de alimentación, está determinada por la densidad de población en el cantero. Como norma general se aplica una capa de residuales orgánicos de 10 cm de espesor cada 10 días. No obstante, se reitera que esto lo determina la densidad de población, ya que mayores concentraciones de lombrices consumirán el alimento más rápido.

Una forma simple de conocer cuando se debe proceder a una nueva alimentación es a través de la observación de la superficie del cantero. Generalmente el humus recién excretado por las lombrices tiene la apariencia de la borra de café, y si se observa detenidamente se apreciará que se han formado pequeños tabaquitos. Cuando la mayoría de la superficie presenta esta apariencia, es síntoma inequívoco que es necesario alimentar.

En la práctica, lo más aconsejable cuando se manejan grandes volúmenes de residual en la alimentación es la realización de un número de pruebas de caja que asegure el chequeo de todo el sustrato a utilizar. Si por alguna razón esto no fuera posible, se debe alimentar el cantero de forma tal que se deje libre (sin alimento) 10 cm a cada lado de la superficie. De esta forma se garantiza que las lombrices, ante cualquier problema, dispongan de un espacio donde refugiarse.

Como ya se ha mencionado, en dependencia de las condiciones y el área interesada la alimentación puede realizarse de forma manual o mecanizada. En todo caso es importante garantizar la aplicación del nuevo alimento en una capa uniforme sobre el cantero.

2.9.6.1.3.7 Selección de pie de cría

La calidad de lombrices que se disponga para iniciar el cultivo es determinante para lograr una adecuada eficacia del mismo, de ahí la necesidad de seleccionar pie de crías en buen estado y con una proporción adecuada de adultas, juveniles y capullos. En relación con ello, se considera optima una población representada por un 60 % de lombrices juveniles, el 40 % de lombrices adultas y con más de 500 capullos por m^2 (ACTAF, s/f).

El volumen o número de lombrices a utilizar esta en función de la rapidez con que se necesite obtener el residuo descompuesto (vermicompost). La densidad de siembra a nivel comercial puede ser de 4 mil a 25 mil lombrices por cama de 10 m^2 . Con la finalidad de disminuir costos se usa la menor cantidad (Aguirre *et al.*, 2008).

Según Robën (2002), las lombrices se siembran cuando haya bajado la temperatura del material hasta unos 30 – 35 °C. Se necesita al menos una cantidad de 600 a 700 lombrices por m^3 , lo que corresponde a 200g/ m^3 . Se recomienda de 120 - 150 lombrices para un barril de basura, 200 lombrices deben ser suficientes para la lombricultura de una familia de 5 personas que composta solamente sus desechos de cocina.

En el caso de que se cargue continuamente con materia cruda. No se pone todo el material a digerir desde el comienzo por que se añaden sucesivamente capas flacas de material nuevo, siguiendo el proceso de digestión por lombrices. La diferencia es que al inicio de la operación se carga una cierta cantidad de basura pre fermentada, a la cual se le agrega una cantidad del 100 a 200 % del peso de la basura. Entonces se puede agregar cada día la misma cantidad de basura, que se digiere durante el día.

Conforme Robën (2002), aproximadamente a los 2 meses de comenzada la actividad, la población de lombrices habrá aumentado al doble. Entonces será tiempo de duplicar el espacio del área de lombricultura y también la cantidad de alimento diario. Para mantener estable la población de lombrices se deben cosechar la misma cada mes o 2 meses. Si se hace la cosecha mensual se retira un 25 % de la población de lombrices si es cada 2 meses se cosecha un 50 %.

La basura que se agregue regularmente se debe poner en capas delgadas, no más que 8 a 10 cm de profundidad. Con esto asegura que las lombrices pueda comer rápidamente el material, antes que se realice la pre fermentación. Antes de cargar el material nuevo se debe controlar si ya digirió el material puesto el día anterior. Se puede agregar basura diariamente, cada 2 días o una vez por semana. No se recomienda dejar a las lombrices sin suministro de comida más de 2 semanas.

Según Restrepo (2006), la levadura, tierra de floresta virgen o manto forestal y bocashi constituyen la principal fuente de inoculación microbiológica para la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Es el arranque o la semilla de la fermentación. Esto constituiría un aporte para el aceleramiento de la descomposición de la materia orgánica.

Según el INIA (2008) la transformación de la materia orgánica en humus por las lombrices de tierra depende de la altitud y las condiciones ambientales de temperatura y humedad. A mayor altitud, menor temperatura ambiental, el proceso durará más.

2.9.6.1.3.7 Usos y Ventajas del Lombricompostaje (Röben, 2002)

La lombricultura casera tiene muchas ventajas económicas y ecológicas, por causa de las cuales se debería promover en todo lugar que tiene la estructura arquitectónica necesaria.

Las ventajas más importantes que son las siguientes:

- Si se composta los desechos biodegradables individualmente, el costo de la recolección municipal se puede bajar considerablemente.
- Se reduce la cantidad de los desechos que van al relleno y se extiende la vida útil del relleno, lo que es ventaja tanto ecológica como económica.
- Se reducen los costos de inversión y operación de la planta de compostaje municipal, si esta existe.
- La calidad del material compostado es generalmente mucho más alta, por tanto hay un vermicompost de mejor calidad y menos problemas de contaminación
- Las personas que producen el compost pueden obtener ventajas económicas vendiendo el compost o utilizándolo en su propio hogar.

En la ciudad de Riobamba se implementa un sistema de compostaje semi individualizado, donde se agrupan unas familias de un barrio para realizar juntos la lombricultura en un terreno apropiado. El municipio les asegura el suministro de la basura biodegradable y les da una capacitación inicial. Actualmente hay 13 grupos de compostadores.

El compostaje individual se realiza mejor en comunidades pequeñas con menos de 4.000 habitantes. El compostaje individual se puede realizar sin demasiada molestia olfatoria o estética si hay más de 25 m² de jardín por persona, ya es suficiente.

Se puede realizar el compostaje individual con pilas o dentro de un recipiente especial. Los recipientes de compostaje se pueden fabricar en casa. Una caja de compostaje se fabrica según la cantidad de material que se produce en casa.

El humus de lombriz favorece la formación de micorrizas, acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color. Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas al ataque de insectos y patógenos como también la resistencia a heladas. Así, también la lombriz, en su contacto físico con el sustrato, transmite con su mucosa particulares características que favorecen al estado coloidal del producto final para su acción dinamizadora de los suelos de cultivo. La acción microbiana emergente del humus de lombriz hace asimilable para las plantas materiales inertes como P, Ca, K, Mg, como también micro y oligoelementos, fijando además los microorganismos simbióticos, el nitrógeno atmosférico. Presentan glándulas calcíferas que segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH. (Bravo, 1996)

Según Verdejo (s/f), el Humus de Lombriz:

- Aporta cantidades equilibradas de nutrientes.
- Beneficia el suelo con millones de microorganismos.
- Favorece la asimilación de las micronutrientes de la planta a través de enzimas.
- Logra una mejor aireación al modificar la estructura del suelo.
- Contribuye con el mejoramiento de cualquier tipo de planta.
- No tiene vencimiento, ya que a medida que pasa el tiempo es más asimilable.
- Reemplaza al mantillo, la resaca y cualquier clase de abono inorgánico (sales minerales).
- Mejora la salud de la planta, haciéndola más resistente a las plagas.

Según ACTAF (s/f), la aplicación del humus de lombriz mejora la estructura del suelo ya que favorece la formación de agregados estables y aumenta:

- La eficacia de las labores del terreno evitando su erosión.
- La porosidad del suelo favoreciendo la permeabilidad del agua y aireación.

- La capacidad de retención de agua del suelo, por lo que disminuye el consumo de agua de riego.
- Los niveles de materia orgánica total y humificada del suelo, incrementando su capacidad de intercambio catiónico y suministrando a las plantas sustancias fitohormonales (auxinas, giberelinas, citoquinonas).
- La cantidad y diversidad de hongos, actinomicetos y bacterias del suelo, favoreciendo la formación de micorrizas arbusculares.
- Las actividades de diferentes enzimas del suelo que favorecerán la disponibilidad de los nutrientes asimilables para los cultivos vegetales.
- El pH de suelos ácidos, evitando la absorción de elementos contaminantes por las plantas.
- Los niveles de macronutrientes y micronutrientes de los suelos, favoreciendo su disponibilidad y asimilabilidad por las plantas.
- La resistencia de las plantas a las plagas, inhibiendo el desarrollo de bacterias y hongos fitopatógenos.

Cuadro 18. Composición del humus

Parámetros	%
Humedad	30 - 60
pH	6.8 - 7.2
Nitrógeno	1 - 2.6
Fósforo	2- 8
Potasio	1 -1. 25
Calcio	2 - 8
Magnesio	1 - 2.5
Materia Orgánica	30 -70
Ácido fúlvico	2.8 - 5.8
Ácido húmico	1.5 - 3
Sodio	0.02
Cobre	0.05
Hierro	0.02
Manganeso	0.006
Relación C/N	10 - 11

Fuente: ACTAF s/f Desarrollo del Proceso de Lombricultura

Comparativamente frente al compost maduro, el humus de lombriz presenta una mejor estructura (es más granular) y contiene sustancias con un marcado carácter fitohormonal.

Asimismo, sus elementos nutritivos se presentan con un mayor grado de disponibilidad para los cultivos.

Respecto a las dosis de aplicación, lo generalmente aceptado es que ella varía dependiendo del tipo de suelo. Sin embargo, nuestra experiencia nos ha demostrado que depende más del tipo de cultivo. Por lo general, las dosis oscilan entre 2 y 8 t/ha como cantidades extremas, aun que lo más frecuente es la aplicación conjunta de 4 t/ha de humus de lombriz y el 25 - 50 % de la fertilización mineral establecida para un cultivo determinado.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del Ensayo

El presente trabajo de investigación, se realizó en el Sector Urbano Norte de la ciudad de Guayaquil, en la ciudadela lo Ceibos, Colinas de Los Ceibos, Condominio Ceibos Colonial usando los desperdicios orgánicos domésticos generados por cinco familias dónde se implantó un Sistema Casero de Reciclaje de Residuos Orgánicos Domésticos a partir del uso de Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) para la producción de Vermicompost.

3.2. Características Climáticas

Las características climáticas del lugar donde se realizó el trabajo de investigación se indica en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Características Climáticas

Latitud	Longitud	Altitud	Temp.	Horas Sol	Evaporación	Precipitación
- 2° 10' s	79° 54' o	4 msnm	23.4 °C	12 h 14	1.155,7 mm	1.369,5 mm

3.3 Materiales y Equipos

Los materiales y equipos utilizados durante el presente trabajo se presentan a continuación:

Tanques reciclados de 20 litros con tapa	Balanza mecánica
Desechos orgánicos	Termómetro
Poliétileno Negro	Cintas de pH
Estiércol Seco	Vasos de precipitación
Aserrín	Agitador
Viruta	Computadora
Hojarasca	Bomba de aspersion
Tierra de sembrado	
Levadura	
Raspadura	
Tanques reciclados de polietileno capacidad 220 litros	
Malla plástica	
Pie de Cría de Lombriz Roja Californiana (<i>Eisenia foetida</i>)	
Lona de cerramiento	
Agua destilada	

3.4 Experimentación

Se determinó el volumen de residuos orgánicos domésticos generados diariamente en cinco familias seleccionadas, luego se procedió a elaborar un vermicompost a partir de desechos orgánicos recolectados el cual fue sometido a un análisis de laboratorio. Para la obtención del vermicompost se utilizaron lombrices de tipo Roja Californiana (*Eisenia foetida*).

3.5 Manejo del ensayo

3.5.1 Adecuación de terrero

El ensayo se desarrolló en un terreno contiguo al Condominio Ceibos Colonial. Previo a dar inicio al proyecto e implantar la lombricultura fueron necesarios ajustes e inversión. (Ver Anexo Foto 1 y 2)

El área de lombricultura luego de ser adaptada a las condiciones que necesitan las lombrices se construyeron las camas de lombricultura dónde se utilizaron tanques de polietileno que se adaptaron con estructuras metálicas. (Ver Anexo Foto 3)

3.5.2 Entrevista

Se entrevistó a un representante por familia, en total fueron cinco familias. La entrevista tuvo la finalidad de verificar la situación actual del manejo de desechos en cada hogar dónde se conocieron la información previa que tenía cada grupo acerca de reciclaje de desechos orgánicos, compostaje o lombricultura.

Se pudo conocer durante las entrevistas que en su mayoría las familias tienen una idea no muy acertada de lo que es reciclar, la mayoría cree que reciclar consiste en separar. Por otro lado aunque hay un interés por formar parte de un programa de reciclaje, no hay conocimiento al respecto tan sólo una familia realizaba separación de desechos inorgánicos (botellas y papeles).

Se hizo entrega de una volante con la información resumida acerca de los residuos que sí consumen las lombrices y aquellos que no, dicha volante la adjunto en los anexos al igual que la entrevista. Además se entregaron los tachos plásticos reciclados para la recolección de los desperdicios.

3.5.3. Aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos

La selección de las familias para el ensayo se realizó en base a la afinidad con el mismo. El grupo seleccionado estaba comprendido por 5 familias que se detallan a continuación.

Cuadro 20. Familias seleccionadas para participar en el ensayo

Familia	# de personas	Observaciones
1	3	2 adultos 1 niño
2	3	3 adultos
3	4	2 adultos 2 niños
4	3	3 adultos
5	5	5 adultos

A continuación se detalla las fases que comprendió la recolección de residuos orgánicos domésticos:

- **Entrega de tachos de reciclaje**

Para dar inicio al experimento se procedió a hacer entrega de los tachos reciclados con tapa, uno por familia, cada tacho contaba con una capacidad de 20 litros.

- **Recolección y pesaje de desperdicios orgánicos domésticos**

Las recolecciones de desperdicios orgánicos domésticos fueron realizadas diariamente de lunes a viernes, se realizaron en las mañanas o tardes ajustándose a las actividades diarias de los moradores. El pesaje de desperdicios se realizó diariamente, utilizando una balanza mecánica con unidad de medida en libras.

Al momento del pesaje se revisaron los desperdicios para verificar la correcta clasificación en la fuente. Fueron escasas las veces que se encontraron errores, un par de ellos plástico film y envolturas de caramelos. El pesaje de desechos orgánicos se realizó y registró durante 8 semanas. (Ver Anexo Foto 4)

- **Compostaje**

Luego de realizar el pesaje diario de los residuos orgánicos producidos por las cinco familias se procedió a elaborar el compost.

Diariamente se armaban pilas menores en función de lo que entregaban las cinco familias, es decir se hicieron cinco pilas menores durante la semana. La pila diaria se elaboraba para evitar fermentación de los residuos y generar malos olores. (Ver Anexo Foto 5)

El ensayo estuvo programado inicialmente para obtener el compost a los 15 días del proceso pero fue necesario alargar el tiempo de compostaje puesto que los desperdicios orgánicos en su descomposición descendieron el pH de la pila lo que facilitó la presencia de organismos como hormigas. Éstas cumplieron un papel fundamental consumiendo aquello

que necesitaron durante las dos a tres primeras semanas. Las pilas más apetecidas por las hormigas fueron aquellas con altos contenidos de cáscaras de cítricos.

En total cada pila cumplió un mes de compostaje lo que aseguró una correcta descomposición de los residuos orgánicos, neutralización del pH y para ese tiempo no hubo presencia de hormigas que pudieran afectar a las lombrices cuando se las fuera a alimentar.

El compost se elabora en base al cálculo de relación C/N, la relación recomendada está entre 20- 30/1.

Entre los materiales utilizados estuvieron: Estiércol vacuno seco, aserrín, viruta, (no roja por la presencia de taninos que son tóxicos) hojarasca, césped seco o fresco (variaba según la disponibilidad de los materiales)

Para acelerar el proceso de transformación de los residuos orgánicos se inocularon las pilas con una solución casera a base de levaduras y panela que a continuación se detalla:

Solución de Levaduras

125 g de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

1 lb de raspadura o panela

10 litros de agua

Se dejó reposar por 72 horas para luego diluirlo. Relación 1:4, (Ver Anexo Foto 6).

La pilas de compost se armaron sobre polietileno negro para evitar que los lixiviados percolen a través del suelo, y también se las cubrió para facilitar el aumento de temperatura hacia la fase termofílica. (Ver Anexo Foto 7)

Este proceso se mantuvo durante ocho semanas. Durante el mismo se presentaron dificultades como lo fue la presencia de hormigas y larvas de moscas.

En el caso de las hormigas ameritó cambios en los proceso, control de humedad y volteos periódicos y en el caso de larvas de moscas se aportó más materia orgánica rica en carbono para reducir un poco la humedad. Cabe recalcar que el tiempo en el cual se realizó el ensayo fue en época lluviosa, no muy recomendable dada la excesiva humedad ambiental.

Se recolectaron además datos de temperatura para verificar la evolución térmica de la descomposición de la materia orgánica.

Se realizaron tomas de temperaturas tres veces por semana en tres partes de la cama (dos laterales y una central) para conocer la evolución de la misma, luego de la toma de temperatura se procedía a realizar el volteado de la pila, (Ver Anexo Foto 8).

El proceso de compostaje incluida tomas de temperatura, volteo, riego e inoculación con levaduras se mantuvo durante ocho semanas, cada pila de compost estuvo lista en un mes.

En total se elaboraron ocho pilas, dónde solo a dos se tomaron datos de temperatura, el compost proveniente de cada una de éstas dos pilas se le realizó una prueba de caja respectiva que se explicará a continuación.

- **Prueba de Caja (P10L)**

Luego de realizar el proceso de compostaje correctamente, previo a la alimentación de las lombrices es necesario hacer la prueba de caja, también conocida como P50L (Prueba de las 50 lombrices) o P10L (Prueba de las 10 lombrices) dependiendo del número de lombrices utilizadas, (Ver Anexo Foto 9).

La prueba de caja consiste en verificar la aceptación del sustrato (compost) por parte de la lombriz revisando el % de supervivencia y mortalidad que se presente luego de 24 horas de prueba.

Pasos para la prueba de Caja:

Para el efecto se utilizó un recipiente rectangular con medidas de 22 x 17 x 4 cm se procedió a colocar el sustrato. Se realizó toma de temperatura y prueba de pH a cada sustrato.

Para la prueba de temperatura se utilizó un termómetro para la prueba de pH se utilizó agua destilada, vaso de precipitación, agitador y tirillas de pH.

Luego de las prueba iniciales se procedió a recolectar 10 lombrices al azar las mimas que fueron medidas antes de colocarlas en caja, (Ver Anexo Foto 11).

Luego de esto cada lombriz fue colocada sobre el sustrato y cronometrado su ingreso al sustrato (en minutos y segundos), variable conocida como Tiempo de Ingreso al Sustrato o TIS. Esta prueba se realizó con cada una de las diez lombrices.

Luego de sembrar las lombrices en el sustrato a prueba la caja fue colocada sobre un recipiente con agua para en el caso que hubiera fuga de lombrices poder registrarlo.

Pasadas las 24 horas se procedió a realizar la revisión respectiva y el cálculo de supervivencia y mortalidad de la población de lombrices sembradas. Dicha prueba se realizó en ambos sustratos, (Ver Anexo Foto 12).

- **Cosecha de humus**

Luego de realizar la prueba de caja y verificar el 100 % de supervivencia de las lombrices seleccionadas se procedió a cosechar el compost de la pila uno. Por cama se coloco una

capa entre ocho a diez cm en dos camas la tercera cama se dejó reservada para el momento del desdoble.

El manejo del alimento en cama consistió en el control de humedad con riegos con periódicos tres veces por semana en forma de aspersión, (Ver Anexo Foto 13).

- **Análisis de Vermicompost**

Se realizó un desdoble de la cama que consiste en dejar a las lombrices sin alimento, entre 10 a 15 días. Se colocó una malla plástica, a modo de trampa, y sobre esta se puso el alimento (compost maduro) humedecido y se cubrió el sustrato. En un par de días el sustrato se llenó de lombrices y en ese caso se procedió a tomar las muestras de humus que se enviaron al laboratorio, (Ver Anexo Foto 14).

Entre los parámetros que se consideraron para el análisis del humus estuvieron los siguientes:

Físicos: Color, olor, textura, temperatura, humedad.

Químicos: pH, materia orgánica, relación C/N.

Nutrientes: Elementos principales, secundarios y oligoelementos.

Biológicos: Fitohormonas, ácidos fúlvicos y húmicos.

Metales Pesados: Pb (Plomo) y Cd (Cadmio)

Microbiológicos: Coliformes, actinomicetos y levaduras.

5. RESULTADOS

La presente investigación consistió en aprovechar los residuos orgánicos domésticos generados por cinco familias para la obtención de un abono orgánico a través del uso de Lombricompostaje. Durante el ensayo se evaluaron cuatro variables dónde a continuación se exponen los respectivos resultados:

4.1. Generación diaria de residuos orgánicos domésticos

Los promedios de los residuos orgánicos recolectados diariamente se presentan en el Cuadro 21. y en la Figura 1. Se pudo observar que la máxima recolección se dio en la familia cinco con un aporte de 1,65 kilogramos/día, seguido de la familia uno con 0,66 kilogramos/día y en último término está la familia tres con 0,19 kilogramos/día. El promedio general fue de 0,62 kilogramos/día/familia y 0,16 kilogramos/día/persona.

Cuadro 21. Pesos promedios de residuos orgánicos en kilogramos recolectados por día y persona en el Condominio Ceibos Colonial. UCSG, 2012

Familia	Pesos diarios (kg)	Pesos diarios/persona (kg)
1	0,66	0,22
2	0,31	0,10
3	0,19	0,05
4	0,28	0,09
5	1,65	0,33
X	0,62	0,16

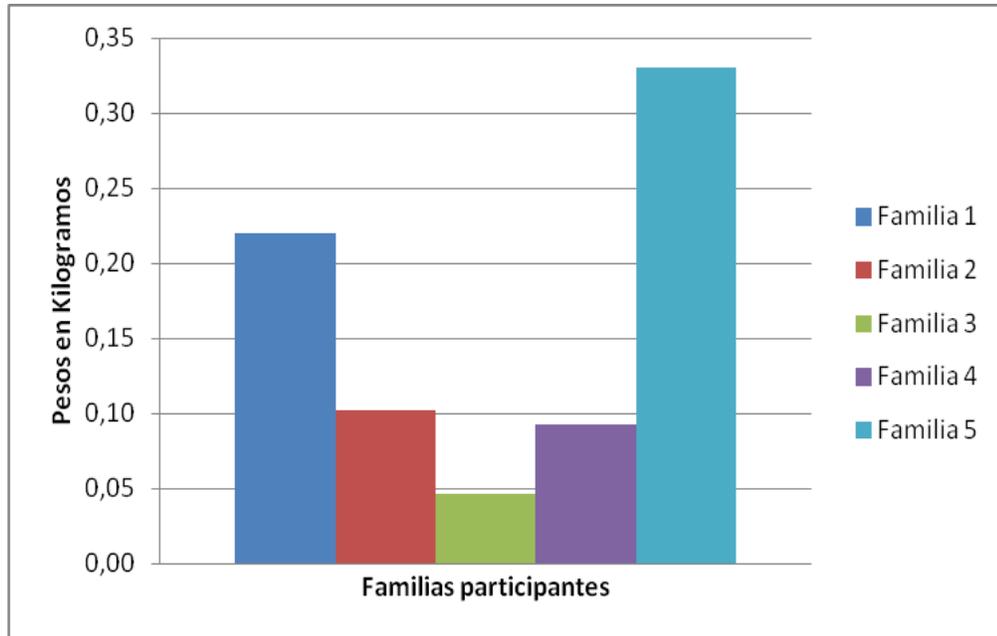


Gráfico 1. Representación gráfica de la generación diaria por persona de residuos orgánicos domésticos en kilogramos.

4.2. Desechos Orgánicos por familia

En el Cuadro 22 se presentan los promedios de desechos orgánicos recolectados por familia. Se observan que los mayores valores correspondieron a los aportes de la familia cinco con 66, 14 kilogramos, seguido de la familia uno con 26,36 kilogramos y en último término la familia tres con un valor de 7,50 kilogramos. En este cuadro también se presenta la información obtenida expresada en porcentajes. Los resultados obtenidos se los reportan también en la Figura 2 la cual es correspondiente a los datos numéricos presentados.

Cuadro. 22 Promedios de desechos orgánicos recolectados durante el ensayo por familia (Kilogramos).UCSG 2012.

Familia	Pesos diarios (kg)	Pesos diarios/persona (kg)
1	26,36	21,4
2	12,27	9,9
3	7,50	6,1
4	11,14	9,0
5	66,14	53,6
Total	123,41	100,0
Promedio	24,68	-

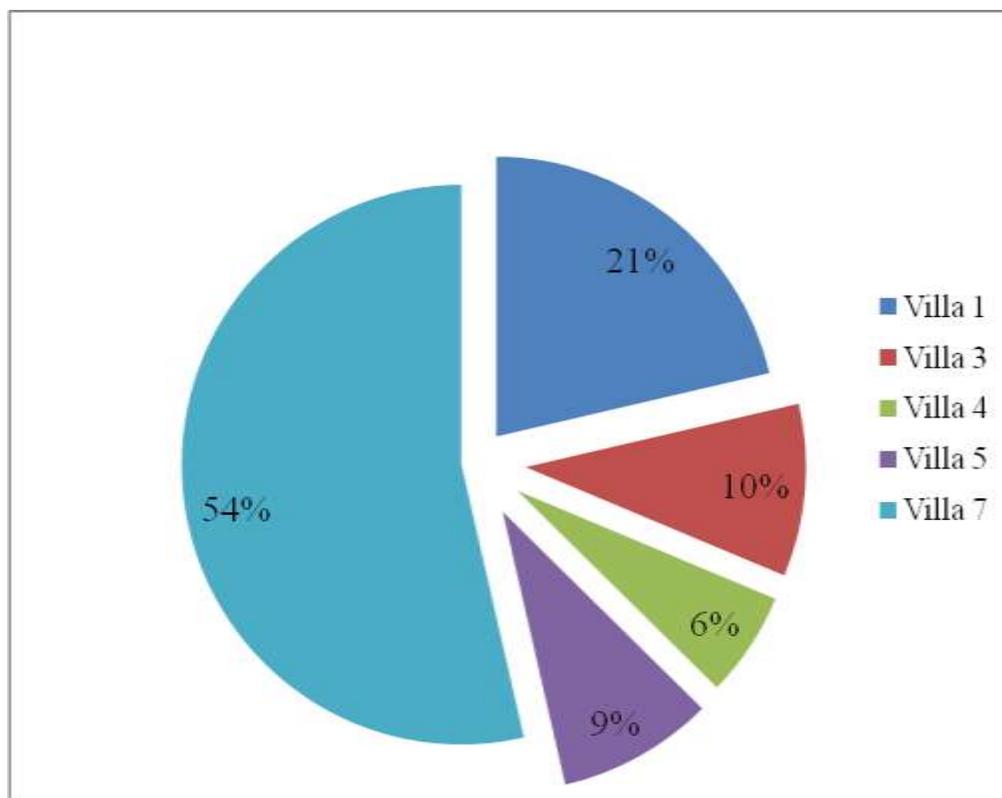


Gráfico 2. Desechos orgánicos recolectados por familia seleccionada

4.3 Tamaño de lombrices y tiempo de ingreso al sustrato

Los promedios del tamaño y tiempo de ingreso al sustrato se presentan en el Cuadro 23 y en las Figuras 3 y 4. Con relación al tamaño de las lombrices se pudo observar que con el primer sustrato se dio un promedio de 5,18 centímetros y con el segundo sustrato este valor fue de 5,13 centímetros. En los dos casos la supervivencia observada de las 20 lombrices fue del 100 %.

En lo que se refiere al tiempo de ingreso de las lombrices al sustrato se determinó el menor promedio con 1:42 minutos/segundos en el segundo sustrato, mientras que en el primer sustrato el promedio de ingreso fue de 2:12.

En cada sustrato se consideró la temperatura, representada en la figura 5. En el sustrato uno, la temperatura que se presentó fue de 25 grados Celsius con un pH de 7 en tanto que en el sustrato dos la temperatura producida fue de 25,5 grados Celsius y el pH de 8.

Cuadro. 23 Datos varios de la P10L (Prueba de las 10 lombrices)

Sustrato	Temperatura	pH	Tamaño (cm)	Tiempo de Ingreso al Sustrato	Supervivencia
1	25,0	7	5,18	0:02:12	100 %
2	25,5	8	5,13	0:01:42	100 %

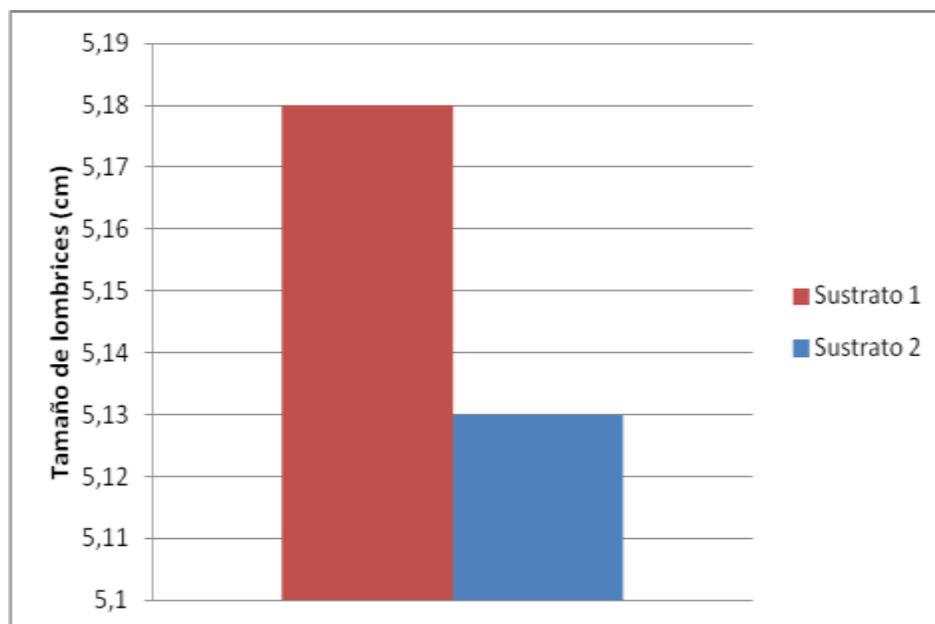


Gráfico 3. Comparación de tamaño de lombrices durante la P10L sobre dos sustratos de compost

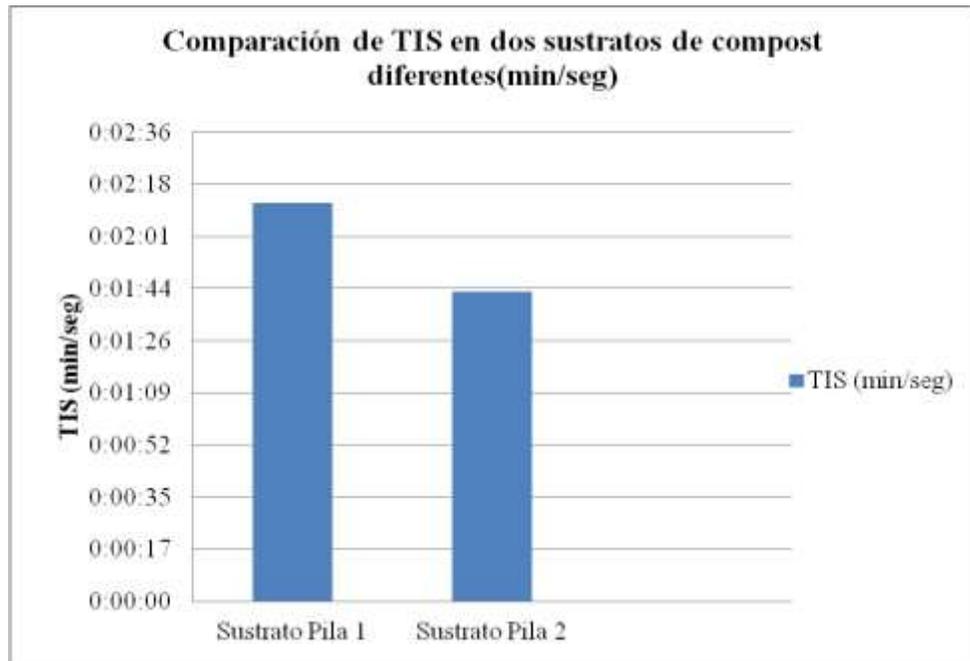


Gráfico 4. Comparación de TIS en dos sustratos de compost diferentes

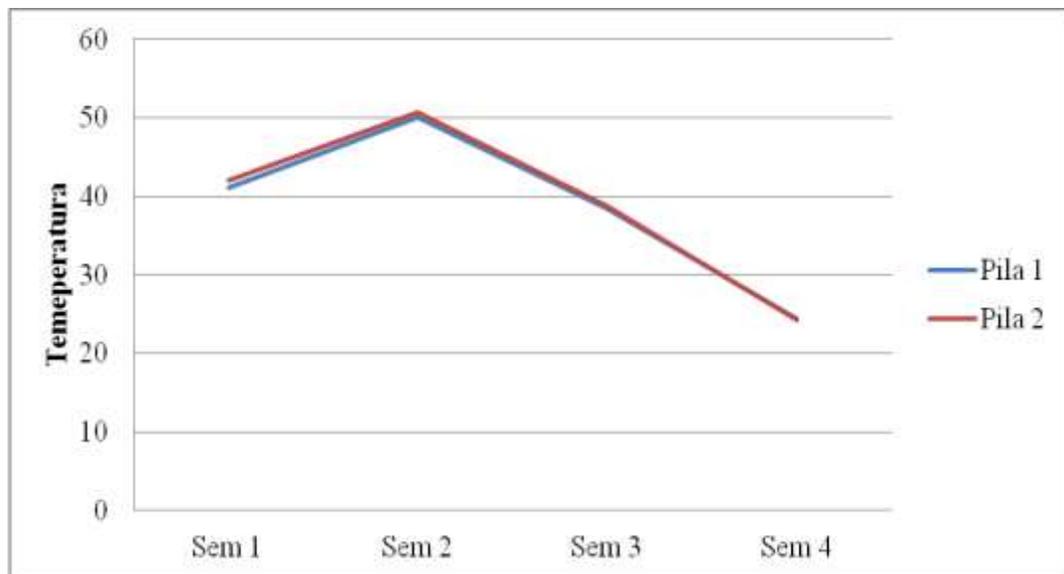


Gráfico 5. Evolución de temperatura en dos pilas de compostaje diferente

4.4. Análisis de Vermicompost

Los resultados de los análisis físicos químicos realizados en muestras de humus de lombriz se presentan en el Cuadro 23. En lo referente al análisis físico se ha determinado color, olor, textura, densidad, temperatura, consistencia.

Cuadro 24. Informe de Análisis Físico - Químico de Laboratorio

Informe Análisis de Laboratorio	
Muestra: Humus de Lombriz Roja Californiana (<i>Eisenia foetida</i>)	
Análisis Organoléptico	
Color: Café oscuro – marrón	
Olor: Característico	
Análisis Físico - Químico	
Textura: Limo	Consistencia: Suave, semipastosa
Densidad: Poroso (+++)	Temperatura: 20° C
Humedad: 77%	pH: 7.68
Materia orgánica: 69.79 %	Conductividad Eléctrica: 14.4 mmho
Relación Carbono/Nitrógeno: 13/1	
Elementos Principales	
Nitrógeno total:	Fósforo: 2.20 %
Nitrógeno: 1.89 %	Fosfatos: Positivo:+++
Nitratos: Positivo:++++	Potasio:253.000 meq/L
Elementos Secundarios	
Calcio:14.98 meq/L	Sodio: 17.0 meq/L
Magnesio:36.10 meq/L	
Oligoelementos	
Hierro: 21.0 ppm	Manganeso: 13.20 mg/L
Zinc:4.0mg/L	Cobre:0.90 mg/L
Metales Pesados	
Plomo: Ausencia	Cromo:0.3mg/L
Cadmio: Ausencia	
Fitohormonas	
Giberelinas: Positivo	Auxinas: Positivo
Ácidos húmicos: Positivo	Ácidos fúlvicos: Positivo
Microbiológico	
Aerobios Mesófilos: 3.0 x10 ³ UFC/g	Levaduras y Mohos: 1.2x10 ²
Coliformes totales:<10 UFC/g	Actinomicetos: 10.000.000 col/g
Coliformes fecales: <10 UFC/g	

Atentamente,

Margarita Hall Msc.

Msc. Margarita Hall R.

5. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó lo siguiente:

4.1. Generación diaria de residuos orgánicos domésticos

Según el Análisis Sectorial realizado por la OPS y OMS (2002) se estimó que la producción promedio de residuos orgánicos domésticos por persona por día en la ciudad de Guayaquil era aproximadamente 0,65 kg.

Lo que se traduce a que los residuos orgánicos domésticos en la mayoría de casos son lo que se producen en mayor porcentaje dentro de los desechos totales pero en el presente ensayo en particular, al comparar con el reporte de Análisis Sectorial los resultados obtenidos fueron considerablemente menores a los que exponen la OPS y OMS (2002).

4.2. Desechos Orgánicos por familia

Entre las causas por mayor concentración de desperdicios orgánicos en una familia con respecto a otra se puede mencionar la frecuencia de preparación y consumo de comida casera y compra y consumo de vegetales frescos versus el consumo y compra de alimentos procesados, además también hay que considerar que el estilo de vida actual es más activo y generalmente tanto adultos como niños realizan actividades como trabajo, estudios lo que provoca menor presencia en el hogar y por tanto menor consumo de alimentos en casa.

4.3 Tamaño de lombrices y tiempo de ingreso al sustrato

El tamaño promedio de las lombrices seleccionadas al azar para la P10L está dentro del rango establecido. En el caso del compost cumplió con los parámetro como lo fue la temperatura en promedio 25 grados Celsius y un pH de 7,5 en promedio lo que se tradujo finalmente al el tiempo de ingreso al sustrato no superando los 2:12 minutos lo que reitera la gran aceptación por parte de las lombrices que como asegura RedVet (2005) transcurridos cinco minutos sin ingreso al sustrato es un comportamiento que indica falta de aceptación del medio/alimento.

4.4. Análisis de Vermicompost

En lo referente a los análisis químicos se determinaron (pH 7,68), (N 1,89%), (P 2,20%) todos los valores se encuentran dentro de rango establecido por ACTAF (s/f).

Mientras que los parámetros de humedad y pH no concuerdan. Es necesario resaltar la ausencia de metales pesado como plomo y cadmio.

El humus fue obtenido en dos meses, el INIA (2008) asegura que la transformación de la materia orgánica por acción de las lombrices dependerá de la temperatura ambiental y la altitud, es decir, que a mayor altitud y menor temperatura mayor el tiempo de conversión,

en este caso la temperatura estuvo entre los 25 a 30 grados Celsius y una altitud de 4 msnm lo que aceleró el proceso de humificación de la materia orgánica.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y bajo las circunstancias en que se llevó a cabo la presente investigación se llega a las siguientes conclusiones:

- Los residuos orgánicos obtenidos diariamente en cinco familias en el Condominio Ceibos Colonial determinan una baja generación que se refleja un escasísimo consumo de vegetales y/o frutas en la dieta.
- En desechos orgánicos por familia se determina que la producción de los residuos está en función de los gustos de consumo particular de cada grupo.
- En el tamaño de lombrices se determina que no hay diferencias significativas entre ellas considerando los sustratos utilizados durante la Prueba de las 10 lombrices.
- En lo que se refiere al tiempo de ingreso al sustrato se determina la mejor respuesta en el sustrato compost dos, comparado con lo obtenido en el sustrato compost uno, (Ver Cuadro 23.)
- En relación al análisis químico, en lo que se refiere a los contenidos de materia orgánica y macro nutrientes como N (nitrógeno), P (Fósforo) se determina que se encuentran dentro del rango que reporta la literatura, N (1 - 2.6 %) y P (2- 8 %).
- En cuanto a análisis biológico se verifica la presencia de fitohormonas como giberelinas y auxinas además de ácidos fúlvicos y húmicos y además la ausencia de metales pesados como plomo y cadmio.

De acuerdo a las conclusiones expresadas se recomienda lo siguiente:

1. Utilizar el Lombricompost en la producción orgánica urbana así como en jardinería y contribuir de esta manera al buen vivir.
2. Replicar la presente investigación en otros estratos sociales, y con un mayor número de familias participantes.
3. Establecer medidas sectoriales en la ciudad de Guayaquil para el aprovechamiento de residuos orgánicos para así generar recursos y disminuir el impacto ambiental.

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, M., Macías, B. y Andrade, E. 2008. Lombricultura como Alternativa para el Aprovechamiento de Desechos Orgánicos U.A.M Agronomía y Ciencias, México.
- Albentosa, L. (s/f) Climatología y Medio Ambiente, Universitat de Barcelona. Barcelona, España.
- Alegre, M. 1998. Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales, OMS (Organización Mundial de la Salud) OPS (Organización Panamericana de la Salud) CEPIS (Centro Panamericano de Energías Sanitarias y Ciencias del Ambiente AECI (Agencia Española de Cooperación Internacional). Lima, Perú.
- Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF) s/f Las Lombrices, Capítulo III. Desarrollo del Proceso de Lombricultura, Capítulo IV. Planificación de una unidad de Lombricultura, Ejercicio Práctico, Capítulo VI. Cuba. Disponible en: actaf.co.cu
- Bonfanti, F. 2004 La incorrecta Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos y su Incidencia en la Calidad de vida de la población de Resistencia, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Resistencia, Argentina.
- Bono, E. y Tomás, J. 2006. Residuos Urbanos y Sustentabilidad Ambiental, Universitat de Valencia e IMEDES (Instituto Mediterráneo para el Desarrollo Sostenible). España
- Bravo, A. (1996). Técnicas y Aplicaciones del Cultivo de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*), Universidad Yacambu. Venezuela.
- Cañizares, M. (1998) Tesis Doctoral: Desarrollo Urbano y Problemática Ambiental de la Ciudad de Puertollano (Ciudad Real), Universidad de Castilla – La Mancha. Cuenca, España.
- Castellanos, P. 2008. Energía y Cambio Climático, Universidad de Salamanca. Salamanca, España.
- CEMPRE y Arocena, A. 1998. Manual de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, Compromiso Empresarial para el Reciclaje (CEMPRE). Uruguay. Disponible en: cempre.org.uy
- CPA (Cooperativa de Producción Agropecuaria) Augusto César Sandino s/f. Alguno Aspectos sobre la Lombricultura para la fertilización orgánica de suelos, Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). Cuba. Disponible en: actaf.co.cu
- CPISCA (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Medio Ambiente), 2002 y Jaramillo, J. 2003. Efectos de la Inadecuada Gestión de Residuos Sólidos.

- Crespo, D. (2003). Producciones Alternativas: Lombricultura, Reciclado de Residuos Orgánicos. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), Revista IDIA XXI. Buenos Aires, Argentina.
- De la Cruz, R. (s/f) Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de Composteo y Lombricomposteo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (U.A.A.A.N). México.
- Durán, L. y Henríquez, C. 2009. Crecimiento y Reproducción de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos, Universidad de Costa Rica. Limón, Costa Rica.
- Fatta, D. C. Naoum, P. Karlis and M. Loizidou, 2000. Numerical simulation of flow and contaminant migration at a municipal landfill, Journal of Environmental Hydrology.
- Fernández, A. y Sánchez, M. 2007. Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), Secretaría estatal para Asuntos Económicos (SECO), Laboratorio de Análisis de Residuos (LARE). Habana, Cuba.
- Fetter, C. 2001. Applied Hydrogeology, Prentice Hall. New Jersey, EEUU.
- Flores, D. 2005. Practical Guide N°2. Making use of organic solid wastes, Promotion of Sustainable Development IPES. Quito, Ecuador. Disponible en: www.ipes.org
- Fogar, M., Cracogna, M. e Iglesias M. s/f. Respuesta de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*) frente a diferentes alimentos UNNE. Corrientes, Argentina. Disponible en: unne.edu.ar
- Fundación Hogares Juveniles Campesinos 2005. Manual Cría de la Lombriz de Tierra una Alternativa Ecológica y Rentable, San Pablo. Colombia
- GEO América Latina y el Caribe Perspectivas del Medio Ambiente, 2003. PNUMA Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Costa Rica.
- Gupta, AK. (2004). The Complete Technology Book on Vermiculture and Vermicompost, National Institute for Industrial Research. Delhi, India.
- Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), 2008. Proyecto “Conservación in situ de los cultivos nativos y sus parientes silvestres”. Producción y uso del humus de lombriz: Folleto. Lima, Perú.
- Instituto Brasileiro de Administración Municipal (IBAM). 2006. 1ª. Edición Manual de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades de América Latina y el Caribe. Brasil. Disponible en: www.idrc.ca
- Jaramillo, G. y Zapata, L. 2008. Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia. Tesis en Gestión Ambiental. Universidad de Antioquia, Colombia.

- Lescaille, Y. 2004. Desechos Sólidos Orgánicos, se aprovechan en la tecnología de la Lombricultura, Proyecto Lechero JAIBO. Guantánamo, Cuba.
- López, J., Pereira, J. y Rodríguez, R. 1980. Eliminación de los Residuos Sólidos Urbanos, Editores Técnicos y Asociados, S.A. Barcelona, España.
- Manual de Tecnologías de Agricultura Urbana. 2009. Jardín Botánico José Celestino Mutis y Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Bogotá, Colombia.
- Matos M. (s/f) Aplicación y selección de indicadores de calidad ecológica en la utilización de fertilizantes orgánicos para la producción de forraje, Universidade de Santiago de Compostela (USC). España
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. Ecosystems and Human Well-being: Current state and trends. Waste processing and detoxification. USA.
- Moreno, J. y Moral, R. 2008. Compostaje, Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Mougeot, L. 2006. Cultivando mejores ciudades, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC). Ottawa, Canadá.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud), OMS (Organización Mundial de la Salud) División del Salud y Ambiente y Gobierno de la República del Ecuador. Análisis sectorial de Residuos Sólidos, Ecuador (2002). Disponible en: www.opsecu.org/bevestre/revistas/publicaciones/Sectorial.PDF
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2005. Informe Regional sobre la Evaluación de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en la Región de América Latina y el Caribe. Washington, EEUU.
- Red de Acción en Agricultura Alternativa (RAAA) s/f Manejo Ecológico de Suelos: abonos Orgánicos. Disponible en: raaa.org.pe
- Restrepo, J. 2006. Manual Práctico A, B, C de la agricultura y Panes de Piedra. Abonos Orgánicos Fermentados, Volumen 1. Cali, Colombia.
- Roballos, S. s/f Tratamiento de los RSUD (Residuos Sólidos Urbanos Domésticos) mediante Lombricultura Disponible en: www.estrucplan.com.ar
- Röben, E. 2002. Manual de Compostaje para Municipios. Loja, Ecuador.
- Rodríguez, D. s/f Energía sus perspectivas, su conversión y utilidades en Colombia, Universidad Nacional de Colombia. Programa Universitario de Investigación en Energía (PUIE). Empresa de Energía de Bogotá. Bogotá, Colombia.

- Rodríguez, M. y Córdova, A. (2006). Manual de Compostaje Municipal: Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos, SERMARNAT / INE / GTZ /. México.
- Semarnap-INE. 1999. Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos en México. México.
- Seoáñez, M., Bellas E., Ladaria P y Seoáñez P. 2000. Tratado de Reciclaje y Recuperación de Productos de los Residuos, Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Schuldt, M, Christiansen, R, Scatturice, L y Mayo, J. 2005. Pruebas de aceptación de alimentos y contraste de dietas en lombricultura. Revista Electrónica de Veterinaria Vol. VI, Número 7 (REDVET). España. Disponible en: veterinaria.org
- Shuldt, M, Christiansen R, Scatturice L, Mayo J. 2006. Lombricultura: Teoría y práctica, Grupo Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Treminio, R. 2004. Experiencias en Agricultura Urbana y Peri-Urbana en América Latina y el Caribe, FAO. Santiago, Chile.
- Verdejo, R. (s/f) Lombricultura Intensiva, Humus de Lombriz (Abono Orgánico), Universidad Federal de Uberlândia. Minas Gerais, Brasil.
- Zepeda, F. 1987. Situación Actual y Tendencias del Manejo de Residuos Sólidos en Latinoamérica, Primer Seminario Latinoamericano sobre Saneamiento Alternativo. Medellín, Colombia.

ANEXOS

PREPUESTO				
Materiales	Cantidad	Medida	Precio Unit.	Total
<i>Lombricultura</i>				
CONSTRUCCIÓN DE ÁREA DE TRABAJO				
Zinc	15	m ²	\$ 14,00	\$ 210,00
Cuartones de madera Chanul (4x4)	8	u	\$ 40,00	\$ 320,00
Bases de hormigón armado	8	u	\$ 40,00	\$ 320,00
Instalación punto de energía eléctrica	1	u	\$ 100,00	\$ 100,00
Instalación de punto de agua potable	1	u	\$ 30,00	\$ 30,00
Contrapiso de cascajo	1	u	\$ 200,00	\$ 200,00
Total				\$ 1.180,00
Lechos				
Tanques reciclados de polietileno de alta densidad	3	u	\$ 10,00	\$ 30,00
Soporte metálico para camas	3	u	\$ 50,00	\$ 150,00
Malla	4	m	\$ 4,00	\$ 16,00
Mesa	1	u	\$ 40,00	\$ 40,00
Manguera	1	u	\$ 30,00	\$ 30,00
Total				\$ 266,00
Material Vivo				
Pie de Cría de Lombrices	2	kg	\$ 30,00	\$ 60,00
Total				\$ 60,00
Recolección de desperdicios				
Tachos (20 l)	8	u	\$ 3,00	\$ 24,00
Total				\$ 24,00
Equipos				
Bomba de mochila	1	u	\$ 20,00	\$ 20,00
Pala	1	u	\$ 4,00	\$ 4,00
Machete	1	u	\$ 4,00	\$ 4,00
Rastrillo	1	u	\$ 7,00	\$ 7,00
Termómetro	1	u	\$ 12,00	\$ 12,00
Balanza	1	u	\$ 30,00	\$ 30,00
Cintas de pH	1	caja	\$ 15,00	\$ 15,00
Carretilla	1	u	\$ 60,00	\$ 60,00
Agitador	1	u	\$ 6,00	\$ 6,00
Agua destilada	2	gl	\$ 1,60	\$ 3,20
Vasos de precipitación	2	u	\$ 7,00	\$ 14,00
Total				\$ 175,20
Materiales				
Tierra de sembrado	8	Sacos	\$ 3,00	\$ 24,00
Estiércol	15	Sacos	\$ 6,00	\$ 90,00
Aserrín	3	Sacos	\$ 3,00	\$ 9,00
Viruta	4	Sacos	\$ 2,00	\$ 8,00
Levadura	1	u	\$ 2,00	\$ 2,00
Polietileno de alta densidad negro	10	m	\$ 1,25	\$ 12,50
Lona de cerramiento	10	m	\$ 1,25	\$ 12,50
Total				\$ 158,00
Análisis de Laboratorio				
Análisis físico, químico y biológico	1	u	\$ 350,00	\$ 350,00
Total				\$ 350,00
TOTAL				\$ 2.213,20



Foto 1. Terreno fase inicial
Fuente: La autora



Foto 2. Estructura del Área de experimentación
Fuente: La autora



Foto 3. Camas de lombrices (Tanques de polietileno)
Fuente: La autora



Foto 4. Pesaje de desechos orgánicos
Fuente: La autora



Foto 5. Elaboración de pila menor diaria
Fuente: La autora



Foto 6. Preparado a base de levaduras
Fuente: La autora



Foto 7. Elaboración de pila diaria de compost
Fuente: La autora



Foto 8. Toma de temperatura en pila de compost
Fuente: La autora



Foto 9. P10L sobre sustrato uno de compost
Fuente: La autora



Foto 10: Medición de lombrices
Fuente: La autora



Foto 11. Materiales para toma de datos
Fuente: La autora



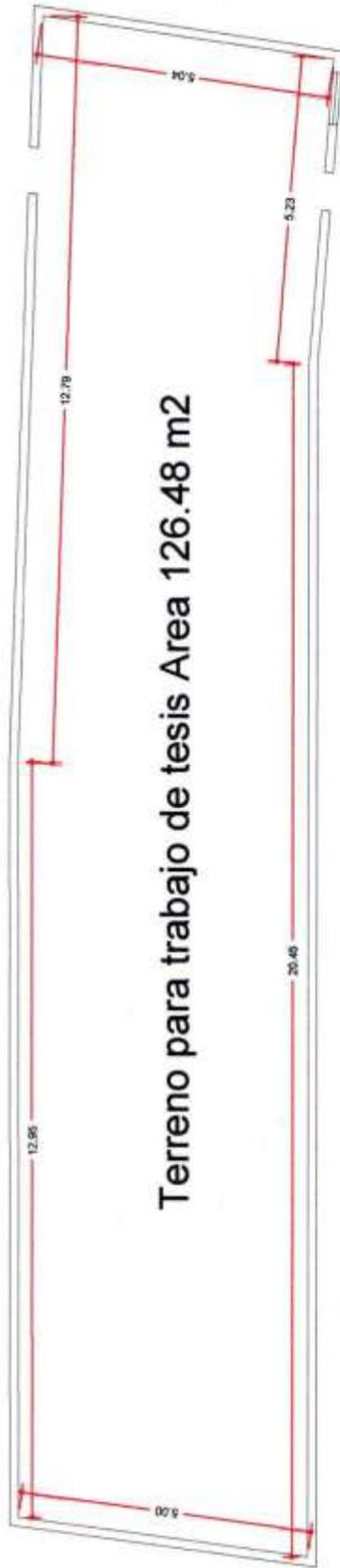
Foto 12. Lombrices seleccionadas para la P10L
Fuente: La autora



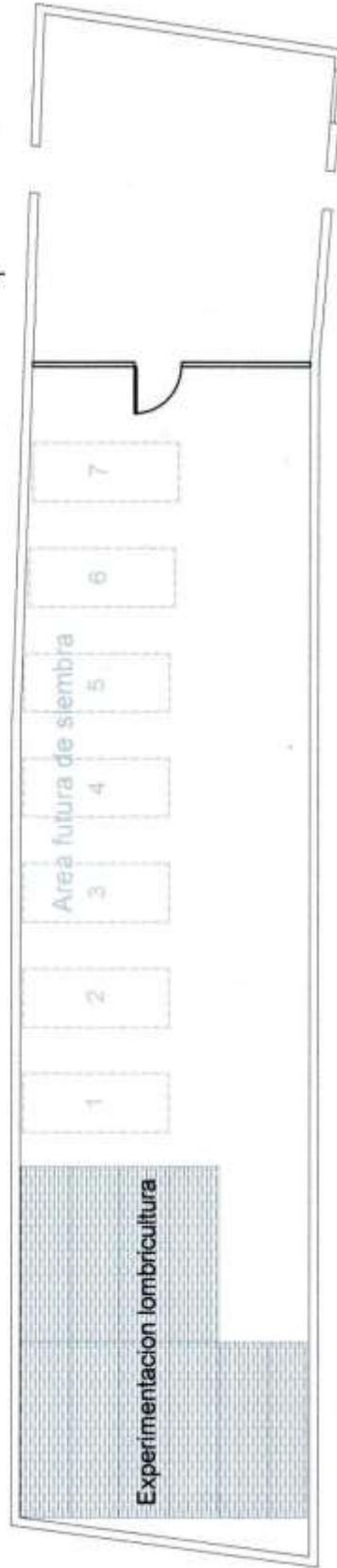
Foto 13. Riegos periódicos por aspersion
Fuente: La autora



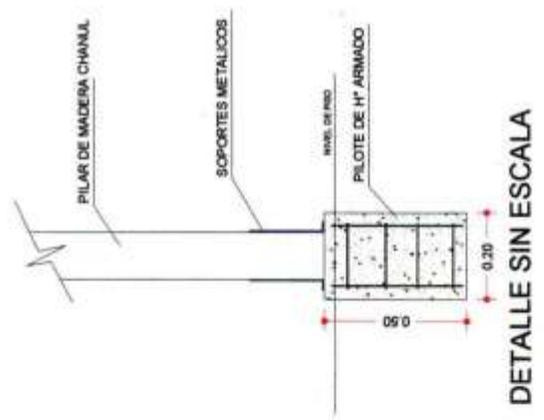
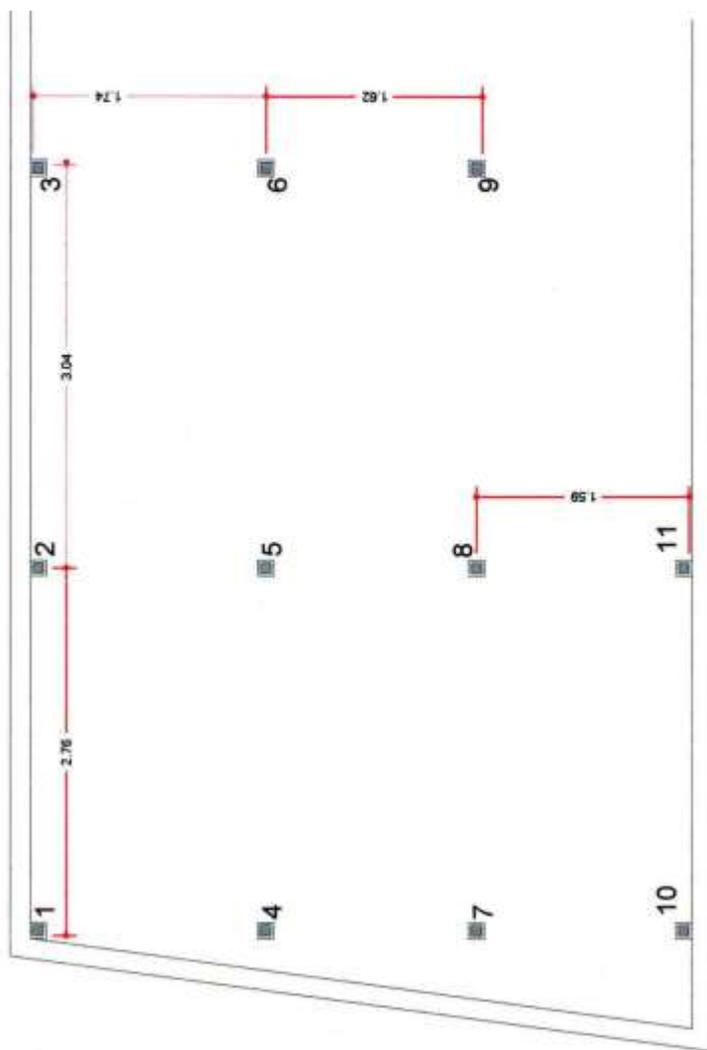
Foto 14. Desdoble de camas de lombrices
Fuente: La autora



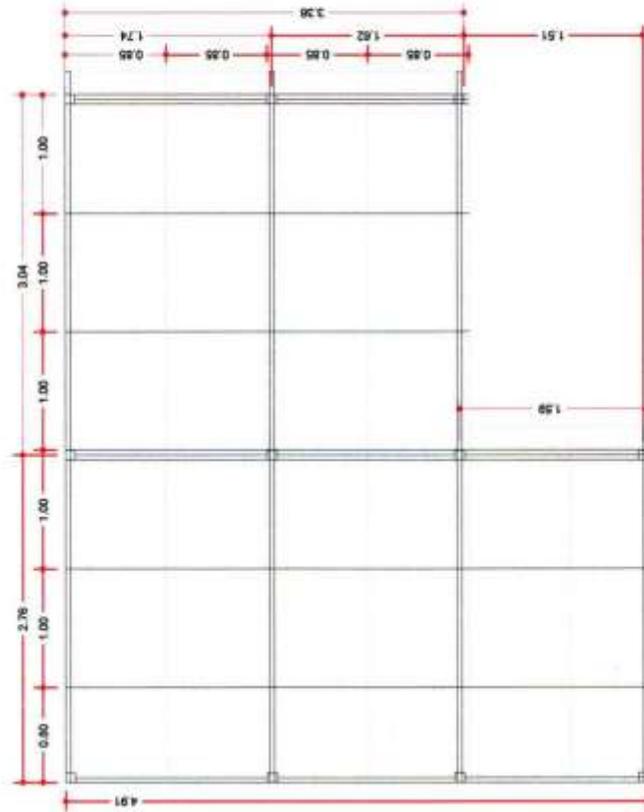
Detalle de terreno



Implantacion de area de trabajo 99.54 m²

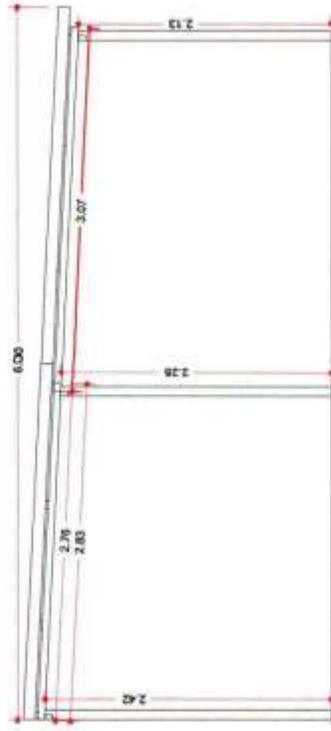


Detalle de cimientos y pilares



PLANTA CUBIERTA

Detalle de cubierta



FACHADA