

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA ADMINISTRATIVA



VIABILIDAD DEL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS
ORGANICOS EN LA MUNICIPALIDAD DE GARABITO USANDO LA LOMBRIZ
ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*)

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Presentado como requisito para optar al Grado de Bachillerato en Ingeniería
Agropecuaria Administrativa con énfasis en Empresas Agropecuarias.

Félix Méndez Morales

Cartago Noviembre 2010

CONSTANCIA DE APROBACION

"VIABILIDAD DEL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS EN LA MUNICIPALIDAD DE GARABITO USANDO LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*)"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Presentado como requisito para optar al Grado de Bachillerato en Ingeniería Agropecuaria Administrativa con énfasis en Empresas Agropecuarias.

Tribunal Evaluador

Ing. Luis Fernando Campos Meléndez

Profesor Asesor

Ing. Rodolfo A. Fallas Castro

Profesor Consultor

Ing. Laura Brenes Peralta

Profesor Lector

Cartago Noviembre, 2010

DEDICATORIA

A mi esposa y a mis hijos, quienes fueron mi soporte y aliento durante toda la carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

Gracias primeramente a Dios por todas las bendiciones y acompañarme en todo momento.

Gracias a mi hija Maureen Aryery, que a la distancia me brinda todo el ánimo posible.

Gracias mil, a mis asesores, Luis Campos Meléndez, Laura Brenes Peralta por el tiempo invertido, por los consejos, entereza y sabiduría para guiarme en la realización de tan importante proyecto.

Al Ing. Rodolfo Fallas Castro, Profesor Consultor, por su apoyo incondicional, entusiasmo en todo momento.

Gracias infinitas a don Marvin Elizondo Cordero, Alcalde y a la Licenciada Meryselvy Mora Flores, Coordinadora de Hacienda, ambos de la Municipalidad de Garabito, por su ayuda en la realización de esta meta profesional.

Gracias al señor Vincenzo del Latte y TV Jaco por brindar un espacio publicitario durante el desarrollo del proyecto.

Gracias a don Gaudencio Rojas, Erick Arias, Rodrigo Quirós, todos funcionarios del Parque Ambiental Municipal por toda su colaboración en la implementación del proyecto.

RESUMEN

El cantón de Garabito cuenta con un Parque Ambiental, lugar donde se recibe durante la semana toda clase de desechos sólidos, y es ahí que de manera artesanal un grupo de recuperadores realizan la separación de materiales como el cartón, plástico, vidrio, papel, aluminio; sin embargo los desechos de origen orgánico son enterrados.

La contaminación ambiental, es un indicador de los problemas sociales, políticos y ambientales, misma que deteriora la calidad de vida de las personas, siendo el manejo inadecuado de los desechos sólidos ordinarios parte del problema a solucionar. En la comunidad del cantón de Garabito la producción es bastante dinámica, así como su naturaleza es heterogénea, como resultado del desarrollo inmobiliario, económico y turístico.

Lo anterior motiva de manera urgente a determinar la viabilidad de transformar los desechos orgánicos que llegan al Parque en Lombricompost, concientizando a la vez a la comunidad a aprovecharlos mediante el manejo adecuado.

Para esto se realizaron muestreos, inclusive durante la clasificación visual del material orgánico llevado al Parque, se comprobó el inadecuado manejo desde la fuente, mismo que se observa por lo contaminado que llega al relleno.

Dentro de las conclusiones más importantes obtenidas del trabajo, se puede mencionar la gran necesidad de fortalecer las iniciativas de planificación, organización e integración de la comunidad Garabiteña, la Municipalidad, Ministerio de Salud, MINAET y la Cámara de Turismo.

Otra conclusión es la necesidad de promover las pasantías con las Universidades que mantengan convenios con la Municipalidad de Garabito con el objetivo de implementar tecnologías adecuadas para el mejor aprovechamiento de los residuos del proceso normal de la producción, convirtiendo este como un modelo alternativo de gestión ambiental.

TABLA DE CONTENIDOS

1	Introducción	1
1.1	El problema y su importancia	1
1.2	Antecedentes del problema	2
1.3	Objetivos	2
1.3.1	Objetivo General	2
1.3.2	Objetivos Específicos	3
2	Revisión de literatura	4
2.1	Origen de los residuos sólidos	5
2.1.1	Problemática de los residuos sólidos	6
2.1.2	Gestión de residuos sólidos	6
2.2	Residuos sólidos orgánicos	9
2.2.1	Manejo de los residuos sólidos orgánicos	9
2.3	Lombricompost	9
2.4	Características del humus de lombriz o lombricompost	13
2.4.1	Pureza	13
2.4.2	Materia Orgánica Prima, sustrato utilizado	14
2.4.3	Contenido de Agua	15
2.4.4	Granulometría	16
2.4.5	Presencia de semillas viables	17
2.4.6	Contaminantes	17
2.4.7	Especie(s) de lombrices utilizadas	18
2.4.8	Presencia de lombrices vivas	19
2.4.9	Maduración	20
2.5	Tipos de Humus de Lombriz	20
2.6	Propiedades químicas:	23
2.7	Propiedades físicas:	23
2.8	Biología:	24
2.9	Análisis Químico	24
2.10	Sugerencias para aplicación de lombricompost	26
2.11	Cantidad de abono orgánico según el sustrato usado	27
2.12	El compost	28
2.12.1	¿Por qué hacer compost?	29

2.12.2 Proceso de elaboración del compost.....	30
3 METODOLOGÍA.....	31
3.1 Tipo de investigación.....	31
3.2 Recopilación de datos.....	31
3.2.1 Instrumentos.....	31
3.3 Realización del Diagnóstico del Parque Ambiental de Residuos Sólidos.....	31
3.4 Preparación del lugar de trabajo.....	32
3.5 Preparación del precomposteo.....	32
3.6 Introducción de la lombriz roja californiana y cosecha.....	32
4 Resultados y Discusión.....	34
4.1 Situación del Parque Ambiental de Residuos sólidos.....	34
4.1.1 Cantidades recibidas.....	34
4.1.2 Origen de los residuos.....	35
4.1.3 Composición de los mismos.....	36
4.1.4 Valor de los elementos recuperados.....	37
4.1.5 Resumen del diagnóstico.....	38
4.2 Prueba de campo realizada.....	40
4.2.1 Precomposteo.....	41
4.2.2 Producción de lombricompost.....	45
5 Conclusiones y recomendaciones.....	49
5.1 Conclusiones.....	49
5.2 Recomendaciones.....	50
6 Bibliografía.....	51

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Estrategias para reducir y administrar los desechos.....	6
Cuadro 2. Resumen de Ingreso de Residuos Sólidos al Parque Ambiental en el segundo trimestre del 2010	34
Cuadro 3. Cantidad recuperada e ingreso obtenido en el Parque Ambiental de Residuos Sólidos de la Municipalidad de Garabito.	38
Cuadro 4. Peso inicial y final de las muestras de precomposteo	43
Cuadro 5. Producto obtenido en las pruebas de lombricompost	47

Índice de Tablas

Tabla 1. Calidades de lombricompost	21
Tabla 2. Análisis químico del lombricompost.....	25
Tabla 3. Comparación de producciones obtenidas en distintos cultivos, usando lombricompost y fertilizantes químicos.....	26
Tabla 4. Cantidad de humus de lombriz a aplicar según el cultivo, y según sea para iniciar el suelo, o mantenerlo.	27
Tabla 5. Cantidad de humus de lombriz obtenido según el sustrato usado. ...	28

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Ingreso de desechos en el Parque Ambiental en el segundo trimestre del 2010.....	36
Gráfico 2. Residuos sólidos recuperados y su composición, segundo trimestre del año 2010.....	37

Índice de Fotografías

Fotografía 1. Batería de reciclaje del programa municipal.....	39
Fotografía 2. Estructura utilizada para realizar la prueba de lombricompost ...	40
Fotografía 3. Trinchera usada para recolectar las muestras de desechos sólidos orgánicos.....	41
Fotografía 4. Vista externa del lombricario.	41
Fotografía 5. Control de peso del material precompostado	42
Fotografía 6. Volteo del precompostaje.....	42
Fotografía 7. Precompost después de 5 volteos.	43
Fotografía 8. Prueba de inoculación del compost con lombrices	44
Fotografía 9. Lombrices en proceso de producción de lombricompost.....	45
Fotografía 10. Trampeo para limpiar el lombricompost de lombrices	46
Fotografía 11. Secado del lombricompost cosechado	46

Capítulo I

1 Introducción

1.1 El problema y su importancia

La Municipalidad de Garabito recibe diariamente en su Parque Ambiental la cantidad de 33.6 toneladas de materiales. Una cuadrilla de recuperadores, organizados en una cooperativa que está en proceso de inscripción, procura la recuperación de plásticos, vidrios, aluminio, cartón, entre otros y el resto del material es sepultado bajo tierra en las trincheras construidas para ese fin. Las cantidades recuperadas son muy pequeñas.

Según estadísticas recogidas por los funcionarios de la Municipalidad, solamente entre el 1.07% y el 2.06% de los residuos sólidos que ingresan al relleno son recuperados y vendidos por la cooperativa de recuperadores. Dentro de estos residuos recuperados y vendidos no se contemplan los residuos orgánicos, los cuales son enterrados en su totalidad. Por estadística se estima que un 50% de los residuos recibidos son materiales orgánicos; esto significa que alrededor de 16,27 toneladas diarias de residuos orgánicos están siendo sepultadas en esta planta de tratamiento. La posibilidad de hacer un uso adecuado de los residuos sólidos orgánicos le daría a la municipalidad la oportunidad de aumentar la vida útil de las trincheras, así como la opción de generar ingresos económicos.

Para la Municipalidad es importante encontrar una manera viable de manejar los desechos orgánicos en el relleno sanitario, especialmente por lo citado en el párrafo anterior, pero también porque este relleno es visitado por muchas otras municipalidades e instituciones, por considerarla un ejemplo en el manejo de trincheras especialmente. Es fundamental para los funcionarios municipales continuar siendo modelos de desarrollo y cada vez poder brindar novedades y ejemplos de cómo manejar los residuos sólidos de sus habitantes.

1.2 Antecedentes del problema.

Los residuos sólidos domésticos representan menos del 10% de los residuos totales de la sociedad, pero su proximidad y su presencia aparente molesta a la población. Por esto, históricamente la eliminación de los residuos sólidos es el primer problema planteado y es en este punto donde se han centrado los mayores esfuerzos. López y Pereira, (1980).

Todos los avances tecnológicos han sido insuficientes para el manejo adecuado de estos residuos, y en muchos casos se ha recurrido a lo más fácil y primitivo que es ocultarlos de la vista, sea sepultándolos o lanzándolos lejos de la población.

Con el crecimiento desmedido de las poblaciones, cada vez es más difícil y costoso lograr el objetivo de “apartarlos de la vista”; esto sin olvidar la contaminación que ocasionan los cúmulos de residuos, sea en rellenos sanitarios, o en botaderos a cielo abierto. La búsqueda de alternativas al problema es constante.

Entre las alternativas que se manejan está la reducción previa de volumen eliminado usando diferentes métodos (separación, trituración, compactación, reciclaje, reutilización) lo que permite hacer un uso más eficiente de los rellenos sanitarios, a la vez que sirven de fuentes de ingreso para poblaciones marginales y municipios. El problema principal se da en los precios tan bajos pagados en los centros de acopio por los subproductos recuperados, aspecto o situación que provoca desmotivación para que las personas no consideren redituable la separación y clasificación de sus desechos para su venta.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar la viabilidad técnica de establecer un procedimiento de transformación de residuos sólidos orgánicos en un material con potencial de ser utilizado como abono por medio del uso de *Eisenia foetida* (Lombriz Roja Californiana) en el Parque Ambiental de Residuos Sólidos de la Municipalidad de Garabito.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

Los objetivos específicos planteados a cumplir con este trabajo final de graduación son:

- Determinar la cantidad promedio por día de residuos orgánicos que ingresan al Parque.
- Realizar pruebas de precomposteo de los residuos orgánicos contenidos en los Residuos Sólidos Domiciliarios que ingresan diariamente.
- Realizar pruebas con la lombriz roja californiana en los desechos sólidos orgánicos que ingresan al Parque.
- Determinar la viabilidad técnica del proyecto.

Capítulo II

2 Revisión de literatura

El Estado tiene la obligación de garantizar, defender y preservar el derecho de toda persona a la vida, a la salud y a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, según lo indican los artículos 21, 46, 50 y 89 de la Constitución Política de Costa Rica, (Constitución Política, 1948). Sin embargo, en el 2008, la Contraloría General de la República, en el informe DFOE-PGA-41/2007 denominado **Informe de los resultados del estudio sobre la evaluación de la gestión de políticas públicas en materia de residuos sólidos**, hace serios cuestionamientos al Ministerio de Salud y al Ministerio Nacional de Ambiente, Energía y Tecnología, principalmente por la falta de coordinación y la carencia de políticas, estrategias o directrices básicas que permitan esperar una solución a dicha situación a corto o mediano plazo ,(Contraloría General de la República, 2008).

Costa Rica, en 1991 estableció un plan nacional de manejo de los desechos sólidos, pero según la Contraloría General de la República, al 2008 no se había implementado y más bien, a su criterio, la situación de los desechos sólidos es por mucho peor que la presentada en 1991, con el agravante de que ha aumentado la cantidad de desechos sólidos generados, y se han gastado millonarias sumas en capacitación y viajes al exterior, que no han dado resultados positivos sobre el control de la problemática de los desechos sólidos. (Contraloría General de la República, 2008).

El manejo, servicio de recolección, acarreo y disposición de basuras de los residuos sólidos en Costa Rica, está asignado a los gobiernos de las comunidades o Gobiernos Locales, denominados Municipalidades. (Reglamento de basuras, 1989). Para realizar este manejo, se parte del hecho de que las Municipalidades cuentan, tienen, o deben formular un plan de gestión ambiental municipal donde se consideren temas tales como: educación ambiental, sistemas de gestión ambiental municipal, entre otros; para lo cual se requiere que cada Municipalidad cuente con una comisión ambiental municipal, e incluso con una oficina de gestión ambiental, que permita mecanismos adecuados de rendición de cuentas del quehacer ambiental de la Municipalidad. (Servian y Prado, 2010; CYMA, 2008; Gaviria y Soto, 2007; Gaviria y Soto, 2008).

2.1 Origen de los residuos sólidos

En ambientes naturales no existen los residuos porque lo que un organismo expulsa se vuelve nutriente para otros, formándose una cadena cíclica de uso y reuso de los nutrientes, comúnmente entendido como el principio de la sostenibilidad de los ambientes. La sociedad humana por su forma de vivir ha rebasado la capacidad de reuso de sus residuos por parte de los ambientes en que habita; esto ha generado grandes aglomeraciones de residuos (basura) que a través del tiempo se ha convertido en contaminante y generado deterioro del ambiente.

En la actualidad a ésta generación de basura y contaminantes se le denomina residuos, los cuales pueden ser líquidos, gaseosos o sólidos. Un residuo sólido es el material que sobra de un proceso o uso primario que según sus características y manejo puede tener un potencial como recurso para un proceso secundario. Este material está en un período de transición debido a que debe ser transportado a otro sitio para ser procesado, antes de ser reutilizado o reciclado. Un residuo debe ser clasificado, acopiado, almacenado y custodiado para que mantenga su potencial en un futuro (Miller, 2007).

2.1.1 Problemática de los residuos sólidos

Según Alvarado citado por Retana, (2004) en Costa Rica los vertederos de basura continúan siendo el principal problema de los gobiernos locales ya que 28 municipalidades tienen vertederos municipales y 11 vertederos privados, 26 gobiernos locales cuentan con relleno sanitario municipal y 15 con relleno sanitario privado. El costarricense produce un promedio de 0.6 kg de desechos diarios y el equipo que utilizan las municipalidades para recolección de basura asciende a 208 máquinas. Finalmente, un 75% corresponde a recolectores de basura y un 25% a vagonetas, camiones y tractores.

2.1.2 Gestión de residuos sólidos

Se puede administrar los desechos sólidos que se producen, reducir o evitar su producción. No existe una solución única para el problema de los desechos sólidos, por lo que casi todos los analistas recomiendan utilizar la administración integrada de los desechos. Existen diversas estrategias para reducir y administrar los desechos que se producen (Servian, 2010):

**Cuadro 1.
Estrategias para reducir y administrar los desechos.**

Primera prioridad	Segunda prioridad	Última prioridad
Contaminación primaria y prevención de desechos ⊕ Cambiar los procesos industriales para eliminar el uso de químicos dañinos ⊕ Adquirir productos diferentes ⊕ Utilizar menos productos dañinos ⊕ Reducir los empaques y los materiales en los productos ⊕ Hacer productos que duren más tiempo y sean reciclables, reutilizables o fáciles de reparar	Contaminación secundaria y prevención de desechos ⊕ Reutilizar los productos ⊕ Reparar los productos ⊕ Reciclar ⊕ Preparar compost ⊕ Comprar productos reutilizables y reciclables	Administración de los desechos ⊕ Tratar los desechos para reducir la toxicidad ⊕ Incinerar los desechos ⊕ Enterrar los desechos en rellenos sanitarios ⊕ Liberar los desechos en el ambiente para dispersión o dilución

Fuente: Tomado de Servian, Perla y Alvarado, Soledad. 2010

2.1.2.1 Reducción de los residuos sólidos

Reducir el consumo y rediseñar los productos que se generan son las mejores maneras para disminuir la producción de residuos y promover la sostenibilidad. A continuación se mencionan maneras para ahorrar recursos y reducir la producción de residuos sólidos y la contaminación:

- Seguir las cuatro erres de la utilización de los recursos: rechazar, reducir, reutilizar y reciclar.
- Pensar si en realidad necesita un artículo específico al momento de adquirirlo.
- Rentar, pedir prestado o intercambiar artículos y servicios siempre que sea posible.
- Comprar cosas reutilizables, reciclables o con las que se pueda producir compost, y aplicar dichas acciones.
- Usar, cuando existen, las versiones reutilizables para productos como platos, tasas, etc., en lugar de los de papel y de plástico, al igual que los artículos desechables.
- Utilizar el correo electrónico en vez del correo impreso convencional.
- Leer periódicos y revistas en línea.
- Comprar productos en forma concentrada, cuando sea posible.

2.1.2.2 Reutilización de residuos sólidos

Reutilizar los productos es una manera importante para reducir el uso de recursos, los desechos y la contaminación en los países desarrollados, pero puede crear peligros para las personas que realizan este trabajo en los países en desarrollo.

La reutilización implica limpiar y usar los materiales una y otra vez y con ello aumentar la vida útil del producto. Esta forma de disminución del desperdicio reduce el uso de recursos materiales y energéticos, disminuye la contaminación y los desechos, crea empleos locales y ahorra dinero.

La reutilización se emplea mucho en casi todos los países en desarrollo, pero puede ser un peligro para la salud de las personas que buscan en los tiraderos a cielo abierto desechos de comida y artículos que puedan vender o reutilizar, debido a que pueden estar expuestos a toxinas y enfermedades infecciosas, y los trabajadores (muchos de ellos niños) que retiran de los desechos electrónicos las piezas que puedan utilizarse o reciclarse están expuestos a sustancias químicas tóxicas.

2.1.2.3 Reciclaje de residuos sólidos

Reciclar es un modo importante para recolectar materiales de desecho y convertirlos en productos útiles que se pueden vender en el mercado. El reciclaje implica volver a procesar los materiales sólidos descartados para obtener productos útiles y nuevos.

Los hogares y los lugares de trabajo producen cuatro tipos principales de materiales que se pueden reciclar: productos de papel (periódicos, revistas, papel de oficinas y cartón), vidrio, acero y algunos plásticos.

El método de separación en el origen tiene varias ventajas sobre el método centralizado, produce mucho menos contaminación al aire y el agua, su costo inicial es bajo y su costo de operación es moderado, también ahorra más energía, ofrece más empleo por unidad y genera reciclables más limpios y más valiosos, además educa a las personas acerca de la necesidad de la reducción de los desechos, la reutilización y el reciclaje (Servian, 2010; Costa Rica Reciclaje, 2008)

2.1.2.4 Incineración y entierro de los residuos sólidos

Para ser económicamente factibles, los incineradores deben ser alimentados con inmensos volúmenes de desechos diariamente, esto estimula la producción de desechos y desalienta la reducción de desechos, la reutilización y el reciclaje.

Casi todos los desechos sólidos municipales en el mundo se entierran en rellenos sanitarios, de los cuales existen dos tipos:

- Los tiraderos a cielo abierto, en esencia son agujeros o campos donde se depositan los desechos y, a veces, se cubre con tierra, son raros en los países desarrollados, pero se utilizan en los países en desarrollo.
- En los rellenos sanitarios, los desechos sólidos se extienden en capas delgadas, se compactan, se cubren a diario con una capa de arcilla o espuma plástica que ayuda a mantener secos los materiales y reduce la fuga de agua contaminada o lixiviado (Costa Rica Reciclaje, 2008).

2.2 Residuos sólidos orgánicos

2.2.1 Manejo de los residuos sólidos orgánicos.

Dentro de los procesos de transformación de los residuos sólidos orgánicos, el más usado es la transformación de los residuos en el compost, para su utilización posterior como abono orgánico en la agricultura. El compostaje consiste en la fermentación de los residuos orgánicos mediante microorganismos aerobios. También se utiliza la transformación en humus usando la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

Se estima que un 50% de los residuos sólidos domiciliarios son residuos orgánicos, de jardinería y alimenticios, así como la recolección separada de los residuos de mercado ofrecen la posibilidad de generar compost y humus como abono orgánico, lo que sería una fuente importante de ingresos para el Municipio (Servian, 2010).

2.3 Lombricompost

El lombricompost es un residuo orgánico, que con el adecuado laboreo y compostaje, es puesto como sustrato y hábitat para la lombriz californiana (*Eisenia andrei* o *Eisenia foetida*), para ser transformado por ésta, mediante su ingesta y excreta, en una extraordinaria enmienda fertilizadora.

La lombriz de tierra es un ser vivo, animal invertebrado, perteneciente a la división o Phylum de los Anélidos, de cuerpo alargado y segmentado, de la clase Oligoquetos, que vive bajo el suelo, hace galerías y se alimenta de materia orgánica. Estas lombrices pueden vivir a pocos centímetros de la superficie, o a profundidades que sobrepasan el metro y medio (Almonte, 2007; Vázquez, 2007).

Las lombrices superficiales o Epígeas (del latín Epi-arriba y geos- tierra), algunas veces se denominan composteadoras, aunque es un término equivocado, dado que ellas no compostean, de hecho carecen de aparato masticador, por lo que la materia orgánica ingerida por la lombriz ya debe estar composteada al momento de la ingesta.

Estas lombrices Epígeas (como la Roja Californiana), no viven dentro, sino sobre la tierra (o a escasos centímetros de profundidad) y se alimentan de la materia orgánica acumulada, como hojarasca y restos orgánicos presentes. Por su característica superficial, resulta el grupo apropiado para efectuar el lombricompostaje.

Aunque, ya se ha roto el mito de que la lombriz roja californiana sea la única adecuada para el proceso de lombricompostaje, dado que las otras especies (Endógenas y Anémicas), comen y defecan igual; siendo por lo tanto apropiadas para el proceso (Almonte, 2007); Martínez, 1996; Soto, 2002; Vázquez, 2007).

La acción de las lombrices composteadoras o epígeas, ingieren, trituran, mezclan, defecan, movilizan y airean los residuos orgánicos, optimizando la actividad y proliferación de los micro-organismos, produciendo un agregado notable de bacterias que actúan sobre los nutrientes macromoleculares, elevándolos a estados directamente asimilables por las plantas, de tal forma que la acción conjunta lombrices-microorganismos da lugar a un proceso de humificación y estabilización física, química y biológica de alta uniformidad, eficiencia y simplicidad técnica, lo cual se manifiesta en notables mejoras de las cualidades organolépticas de frutos y flores, y mayor resistencia a los agentes patógenos.

El humus de lombriz favorece la formación de micorrizas, acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color. Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas al ataque de plagas y patógenos así como la resistencia a las heladas. Esto es debido a la digestión que las lombrices realizan sobre la materia orgánica, donde participa gran cantidad y diversidad de micro-organismos (de la materia orgánica y de los intestinos de la lombriz). El resultado de esta combinación y compleja interacción de sustancias, es un material con la presencia de micro-organismos vivos y sustancias orgánicas complejas como hormonas, vitaminas, enzimas, antibióticos, ácidos húmicos, además de sales minerales y nutrientes para las plantas, que comercialmente se denomina lombricompost.

La acción del humus de lombriz hace asimilable para las plantas materiales como fósforo, calcio, potasio, magnesio, y también los microelementos y oligoelementos. Fija, de los microorganismos simbióticos, *Azotobacter* y *Clostridium*, el nitrógeno atmosférico.

Entre otras características fisiológicas de la lombriz californiana, sus glándulas calcíferas segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido – básico, tendiendo a neutralizar los valores del pH. Estas y otras particularidades inherentes al proceso digestivo de la lombriz, hacen que el producto por ella elaborado tenga una acción como enmienda, fertilizadora y fitosanitaria muy superior a un compost común. También tiene un mayor tiempo de elaboración, condicionado a los inalterables ritmos biológicos de la lombriz.

El humus de lombriz es un fertilizante bio-orgánico de estructura coloidal, producto de la digestión, que se presenta como un producto desmenuzable, ligero e inodoro, similar a la broza del café. Es un producto terminado, muy estable, no se pudre, ni se fermenta.

El humus posee una altísima carga microbiana, NMP (número más probable) del orden de los 2 millones por gramo seco, protegiendo las plantas de otros tipos de bacterias patógenas, aún de nemátodos, contra los cuales está indicado especialmente (Martínez, 1996).

Su riqueza en oligoelementos aporta a las plantas sustancias necesarias para su metabolismo. Como su pH es cercano a 7, es decir, neutro, puede utilizarse sin contraindicaciones, ya que no quema las plantas, ni siquiera las más delicadas.

El humus de la lombriz está compuesto, principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos. Las cantidades de estos elementos dependerán de las características químicas del sustrato que dieron origen a la alimentación de las lombrices Martínez, (1996).

Los gusanos de tierra consumen residuos en proceso de descomposición, es decir, pre digeridos por microorganismos especializados: bacterias, hongos y otros. Éstos degradan las proteínas y la celulosa, transformándolas en sustancias más simples y de fácil asimilación.

El lombricompost es un producto fitoregulador, sustancia producida por el metabolismo secundario de las bacterias, que estimulan los procesos biológicos de la planta. Estos agentes reguladores del crecimiento son:

- ❖ La *auxina*, que provoca el alargamiento de las células de los brotes, incrementa la floración, la cantidad y la dimensión de los frutos.
- ❖ La *giberelina*, favorece el desarrollo de las flores, aumenta el poder germinativo de las semillas y la dimensión de algunos frutos.
- ❖ La citoquinina, retarda el envejecimiento de los tejidos vegetales, facilita la formación de los tubérculos y la acumulación de almidones en ellos.

El lombricompost cumple un rol trascendente al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos www.totcompost.com, (2009).

La Norma Mexicana de la Dirección General de Normas, (2007) es la referencia más cercana para clasificar un producto como humus de lombriz, e indica entre otras cosas, lo siguiente:

No podrá utilizarse la designación de humus de lombriz a ningún producto que no sea precisamente el material orgánico resultante de la crianza de lombrices alimentadas con residuos orgánicos, tal y como se encuentra especificado en la presente Norma. (Dirección General de Normas, 2007)

2.4 Características del humus de lombriz o lombricompost

Con base en la norma mexicana para la clasificación del humus, el humus de lombriz, en todos sus grados de calidad, deberá cumplir con las siguientes especificaciones, clasificadas bajo los siguientes criterios.

- ❖ Pureza
- ❖ Materia orgánica prima, sustrato utilizado
- ❖ Contenido de agua
- ❖ Granulometría
- ❖ Semillas viables
- ❖ Contaminantes
- ❖ Especie(s) de lombrices utilizadas
- ❖ Lombrices vivas
- ❖ Madurez

2.4.1 Pureza.

Para poder presentarse comercialmente como un producto “100% humus de lombriz”, deberá cumplir con parámetros, verificables según el procedimiento descrito en la sección correspondiente de el capítulo de Métodos de Prueba:

Contener efectivamente no menos del 95.0 % de humus de lombriz, verificable según establece la Norma. Además de:

- ❖ No contener ningún aditivo, adionante, potenciador, fórmula secreta o cualquiera que sea su nombre, que bajo la premisa o no de mejorar su calidad o contenido, se añada al producto.
- ❖ Contener no más del 2.0 % (peso-peso) de impurezas inorgánicas, propias del suelo, tales como tierra, arena, arcilla, piedrecillas, grava, ceniza volcánica, etc.

- ❖ Contener no más de 2.0 % (peso-peso) de material orgánico no ingerido por las lombrices, solo cuando forme parte de la materia orgánica prima, presentada en la forma de palitos, ramas, maderas o fibras lignocelulósicas, materia orgánica cruda, o reseca, no digerida por las lombrices.
- ❖ Contener no más de 1 % (peso-peso) de impurezas inorgánicas extrañas no contaminantes, tales como vidrios, metales, plásticos, etc.

De no cumplir con estos parámetros, el producto no podrá presentarse con el apelativo “100% Humus de Lombriz”, pudiendo en todo caso clasificarse y designarse entonces en algún otro grado de calidad, consideradas en esta Norma.

- ❖ Cuando voluntaria o exprofesamente se añada algún componente ajeno a la materia orgánica prima, el fabricante se obliga a señalar la naturaleza, origen o contenido del material incorporado, utilizando el término “adicionado con...” y especificando la cantidad proporcional total en gramos por kg de Humus de lombriz.
- ❖ Ejemplo de lo anterior es: humus de lombriz, adicionado con fertilizante químico (20 g/ kg. de humus de lombriz),
Adicionado con fósforo, potasio, calcio y magnesio (5.0 g/kg de humus de lombriz).
Adicionado con ceniza volcánica (100 g/kg de humus de lombriz),
Adicionado con urea (15 g/kg de humus de lombriz).

2.4.2 *Materia Orgánica Prima, sustrato utilizado.*

En cualquier caso, deberá señalarse la naturaleza y origen del material orgánico utilizado como materia prima o sustrato para alimentar a las lombrices, mismo que seguido del apelativo de designación (Humus de lombriz), deberá escribirse “de” seguido del nombre del material utilizado para alimentarlas. Así, se establecen los siguientes casos:

- ❖ En el caso de tratarse de un solo material orgánico, éste se presentará de manera que se conozca su naturaleza y origen; Ejemplo: de pulpa de café, de estiércol vacuno, de cachaza de caña de azúcar, de estiércol de cerdo, entre otros.
- ❖ En el caso de tratarse de una combinación establecida o de una mezcla fija de 2 o más componentes orgánicos, bastará que se presenten los nombres de cada uno de ellos, en el orden de mayor a menor proporción. Por ejemplo: de pulpa de café y cachaza de caña de azúcar, de estiércol vacuno y rastrojo de maíz, de estiércol de caballo, rastrojo de maíz y aserrín de madera, entre otros.
- ❖ En el caso de tratarse de materiales mixtos, combinados, que se encuentran en proporciones desconocidas o variables, deberá aclararse también su naturaleza y origen, anotando la especificación típica de referencia genérica, pero añadiendo, a través de un asterisco y una nota al calce, el siguiente texto: "...*Pudiendo contener cantidades variables de algunos de los siguientes materiales: restos de...", seguido de una lista de al menos 8 a 10 de los más comunes o principales de ellos, y al terminar, añadir: "... ,etc."; por ejemplo: de residuos orgánicos domésticos*, de residuos orgánicos urbanos*, de restos de frutas y verduras* y al pie de página anotar: *pudiendo contener cantidades variables de algunos de los siguientes materiales: residuos de papaya, zanahoria, calabaza, coles, coliflores, brócoli, lechugas, jitomates, cebollas, sandías, etc.

2.4.3 Contenido de Agua.

El agua es uno de los componentes principales en el humus de lombriz y si su presencia se desestima, se da lugar a productos excesivamente mojados o bien resecos. En todos sus grados de calidad, el humus de lombriz deberá especificar el contenido de agua y rango porcentual en peso, tomando como 100% al peso fresco del humus de lombriz; así por ejemplo, deberá señalarse en la tabla de contenidos "Contenido de agua 50-55%".

- ❖ En el caso del producto designado como "100% humus de lombriz", este valor no deberá exceder del 55 %.

2.4.4 Granulometría.

El humus de lombriz, aunque provenga y surja de los intestinos de estos animales y, por ello, tenga un tamaño original muy pequeño, al cosecharse y procesarse para su venta, sus excretas se disgregan o se agregan de forma variable. Puede favorecerse la comercialización si se hace pasar a través de un tamiz (zaranda, cernidor, cedazo, harnero o malla criba), para uniformizar su estructura y retirar las partículas fuera del rango de tamaño.

La granulometría se refiere a la clasificación por tamaños de las partículas y agregados que conforman el producto y que le confieren propiedades de textura, porosidad y apariencia uniforme reconocibles, pudiendo ser desde polvos finos hasta grumos gruesos, en sus diferentes variantes y rangos de tamaños.

En cualquiera de los grados de calidad del humus, deberá señalarse la ejecución o ausencia de este procedimiento de tamizado, mediante al menos una de las siguientes alternativas:

- ❖ Humus de lombriz rústico, o no tamizado, a aquel producto que no haya sido pasado por ningún tamiz.
- ❖ Humus de lombriz tamizado, cuando el producto haya sido obtenido a partir de un tamizado, debiéndose en este caso señalar entre paréntesis, la medida en milímetros (mm) de la abertura de malla, antecedido por el signo “ < ” menor a. Así por ejemplo, se señalará: humus de lombriz tamizado (< 5 mm); humus de lombriz tamizado (< 7 mm).
- ❖ En el caso del producto designado como “100 % humus de lombriz”, deberá presentarse tamizado, bajo una abertura de malla igual o menor a 5 milímetros (< 5 mm).
- ❖ En el caso de utilizarse más de una clasificación, o un rango superior y otro inferior, esta condición podrá señalarse según este mismo principio. Ejemplo: (<6, >5).

2.4.5 Presencia de semillas viables.

Por la posible presencia de semillas viables (de malezas o plantas indeseables) que sobrevivan al proceso de lombricompostaje y transformación orgánica o se incorporen al producto antes de su empaque, provenientes del medio ambiente, resulta un indicativo de calidad la ausencia total o bajo rango de presencia de semillas viables de plantas, medido en la forma de cantidad de semillas viables por volumen de material (litros).

En el caso del producto designado como "100% humus de lombriz", el valor de presencia de semillas no deberá exceder de 2 semillas viables por litro de humus, escrito de la manera siguiente: < 2 sem/litro.

En el caso del humus de lombriz "calidad estándar", este valor podrá ser mayor al anterior, pero menor a 5 semillas/litro.

2.4.6 Contaminantes.

Bajo esta Norma, se consideran contaminantes a todos aquellos materiales, sustancias, elementos o compuestos químicos, de carácter extraño (exógeno, externo), tóxico, venenoso o que resulten de alguna forma nocivos o dañinos para el hombre, los animales o el medio ambiente y que por causas diversas, pudieran encontrarse presentes, disueltos o mezclados en el humus de lombriz. Su presencia deberá regirse según las Normas vigentes, determinadas en la "Legislación sobre Residuos Peligrosos".

2.4.7 Especie(s) de lombrices utilizadas.

Es evidente que la declaración y manifestación de la(s) especie(s) de lombrices utilizadas para elaborar el humus de lombriz, son la mejor garantía y carta de presentación y promoción de la calidad del producto, por lo que el producto deberá especificar el nombre científico de las lombrices, señalando en cada caso el género y la especie, en letra cursiva, seguida del autor y año de clasificación, según los estándares de la Nomenclatura Binomial utilizada internacionalmente, evitando (o anulando) la proliferación de términos locales, regionalismos o comerciales (por demás equivocados) tales como “Híbrido de California”, “Coqueta Roja”, “Rucor michoacana”, o cualquier otro término que confunda, falsea, deforme o enmascare la identidad precisa, taxonómica de las lombrices. Para uniformizar su denominación, se aceptarán los siguientes términos:

Nombre Científico	Nombre común
<i>Eisenia andrei</i> (Bouché, 1972)	Lombriz roja de California
<i>Eisenia foetida</i> (Savigny, 1826)	Lombriz roja de California
<i>Perionyx excavatus</i> (Perrier, 1872)	Lombriz Oriental del compost
<i>Eudrilus eugeniae</i> (Kinberg, 1867)	Lombriz gigante Africana,
<i>Dichogaster modigliani</i>	
<i>Polipheretima elongata</i>	

Estas y cualquier otra determinación taxonómica presentada, deberá ser avalada por taxónomos especialistas, registrados en el “Padrón de taxónomos especialistas de lombrices”.

La lombriz usada en mayor proporción es la roja californiana (*Eisenia foetida*). Una lombriz bien desarrollada puede medir hasta 5 mm de espesor y pesar hasta 2 gramos. Su color varía con el pH; cuando es ligeramente alcalino se torna negra o morada y se alarga, cuando es ligeramente ácido se torna pálida o rosada, si el pH es neutro su color es rojo fresa. Sin embargo, estas coloraciones son variables e, indicativas de valores de pH por si solas.

2.4.7.1 Características de la Lombriz Roja Californiana

Esta lombriz se caracteriza por lo siguiente:

- ❖ Alta capacidad reproductiva.
- ❖ Muy voraces.
- ❖ De fácil adaptación.
- ❖ De fácil manejo.
- ❖ Tranquila, no nerviosa.
- ❖ Puede vivir en cautiverio.

Esta lombriz cada 72 horas pone un capullo, copón o cápsula, del cual pueden nacer hasta 20 nuevas lombrices, con un promedio de entre 7 y 10 (vivas). El ciclo es de 3 a 5 semanas, y la madurez sexual de la lombriz la alcanza a las 8 a 12 semanas (cuando muestra el clitelo plenamente diferenciado)

El estiércol y cualquier sustrato que se use para alimentar lombrices, debe presentar un pH de 7 o cercano a él, de lo contrario, se generará estrés en las lombrices.

2.4.8 Presencia de lombrices vivas

Debido a la utilización de altas densidades de población de lombrices y a la probable sobrevivencia de huevecillos y lombrices juveniles difíciles de detectar, es posible encontrar huevecillos viables y lombrices vivas en el producto terminado. Aunque su presencia no es dañina ni perjudicial, debe regularse su presencia, como un signo de buena calidad y control del proceso.

Se consideran los siguientes parámetros:

En el caso del producto designado como “100% humus de lombriz”, el valor de presencia de lombrices vivas no deberá exceder de 2 individuos por cada 10 litros de humus de lombriz.

En el caso de humus de lombriz calidad estándar, se aceptará un valor no mayor a 5 individuos por cada 10 litros de humus de lombriz.

2.4.9 Maduración

La madurez o maduración del Humus de lombriz, es el grado de estabilización orgánica resultante en el producto terminado, mismo que puede verificarse por:

- a) la Taza de Respiración Microbiana (Respiration Assay, Wilson & Dalmat, 1986; Iannotti, et al., 1994; Wu et al., 2000),
- b) por la temperatura, (Iglesias-Jiménez and Pérez García, 1992),
- c) por la relación C/N, (ídem), entre otros.

Aunque el proceso de lombricompostaje, transforma y estabiliza marcadamente la materia orgánica, el material resultante en las literas, (por su acumulación) puede requerir todavía la presencia de oxígeno del aire para completar su “maduración” y completar así su estabilización a un nivel aceptable para su uso general.

En cada una de las posibles variables a utilizar, es posible establecer valores esperados que deberán ser cumplidos en todos los grados de calidad del producto y en especial para poder obtener la designación de “100% humus de lombriz”.

2.5 Tipos de Humus de Lombriz

A nivel internacional, se comercializan tres calidades de lombricompost, denominados Extra, Primera y segunda; cuyas especificaciones se pueden apreciar en la Tabla 1, a continuación.

Tabla 1. Calidades de lombricompost

Atributos	Extra	Primera	Segunda
Materia prima utilizada para su obtención.	Residuos orgánicos domiciliarios, de mercado y todo tipo de vegetales obtenidos en campos de cultivo o silvestres. No admite animales muertos colectados en forma de restos en proceso de descomposición ni heces fecales humanas o de cualquier tipo de animales. Si admite productos cárnicos, lácteos y conservas descalificados en hogares, expendios de comida y mercados.	Igual al Extra. Además: Admite estiércoles de animales de corral o granja, en mezcla no especificada de proporción con los anteriores admitidos.	Admite cualquier tipo de material orgánico excepto: Animales muertos colectados en forma de restos en proceso de descomposición. Heces fecales humanas o de animales que no sean de corral o granja.
Granulometría.	Los grumos del producto terminado, cruzarán libremente por una malla de abertura de 1.5 milímetros con el simple zarandeo mecánico o manual.	Los grumos del producto terminado, cruzarán libremente por una malla de abertura de hasta 5 milímetros con el simple zarandeo mecánico o manual.	Los grumos del producto terminado, cruzarán libremente por una malla de abertura de hasta 25 milímetros con el simple zarandeo mecánico o manual.

Tabla 1. Continuación

Atributos	Extra	Primera	Segunda
Contenido de arena, arcilla y grava.	No admite contenido de arenas, arcillas y gravas pétreas en más del 2 por ciento.	No admite contenido de arenas, arcillas y gravas pétreas en más del 20 por ciento.	Admite contenido de arenas, arcillas y gravas pétreas en cualquier porcentaje y trozos de madera de largos no especificados, así como basuras de todo tipo de materiales.
Contenido de materia prima sin digerir por las lombrices.	Admite hasta un 2 por ciento de materia prima sin digerir por las lombrices.	Admite hasta un 50 por ciento de materia prima sin digerir por las lombrices.	Sin restricción.
Contenido de fibras celulósicas.	Admite hasta un 2 por ciento de fibras celulósicas menores a 5 mm que provengan de la materia orgánica usada.	Admite hasta un 50 por ciento de fibras celulósicas no mayores a 20 mm que provengan de la materia orgánica usada	Sin restricción.
Contenido de humedad.	Admite el producto dentro del envase comercial, tener una humedad de 15 %.	Admite el producto dentro del envase comercial, tener una humedad de 25 %.	Admite el producto dentro del envase comercial, tener una humedad de 50 %.
Color.	Debe tener un color café oscuro.	Debe tener un color café oscuro	Debe tener un color café oscuro
Olor.	Debe tener un ligero olor a tierra húmeda de bosque, mezclado con un ligero olor a café tostado.	Debe tener un ligero olor a tierra húmeda de bosque, mezclado con un ligero olor agrio.	Debe tener un ligero olor a tierra húmeda de bosque, mezclado con un fuerte olor agrio.
Contenido de elementos químicos sintéticos.	No debe contener granos antihumectantes o aromatizantes sintéticos químicos, ni colorantes artificiales vegetales o sintéticos químicos.	Puede contener un pequeño porcentaje de granos antihumectantes o aromatizantes sintéticos químicos, y colorantes artificiales vegetales o sintéticos químicos.	Sin restricción.

Masa específica.	La masa específica del producto estará comprendida entre los 620 kilogramos y los 850 kilogramos por cada metro cúbico a volteo y con una humedad del cero por ciento.	La masa específica del producto estará comprendida entre los 400 kilogramos y los 600 kilogramos por cada metro cúbico a volteo y con una humedad del cero por ciento.	La masa específica del producto estará comprendida entre los 100 kilogramos y los 1000 kilogramos por cada metro cúbico a volteo y con una humedad del cero por ciento.
Contenido nutricional y benéfico.	El contenido mineral y de nutrientes asimilables por los vegetales fertilizados con el producto, y su contenido biológico benéfico y no benéfico para las tierras que los sustenten, lo establece el Instituto Nacional de Salud Pública o el organismo indicado en la Ley. Se basará en prueba muestral de 1 kilogramo por lote homogéneo de 100 ton. O proporcional. El empaque del producto deberá contener el informe de contenido porcentual.	Podrá estar ubicado por debajo del mínimo y por encima del máximo establecido por el Instituto Nacional de Salud Pública o el organismo indicado. Estará dado por probetas de muestra de un kilogramo por cada lote homogeneizado de 100 toneladas en forma proporcional. En este tipo de calidad, el informar del contenido porcentual será optativo.	Podrá estar ubicado si se le midiese, completamente fuera del mínimo y máximo establecido por el Instituto Nacional de Salud Pública o por el organismo que lo establezca. Estará dado por probetas de muestra de un kilogramo por cada lote homogeneizado de cien toneladas o en forma proporcional. No estará obligado a informar de los contenidos.

Fuente: Dirección General de normas, 2007.

2.6 Propiedades químicas:

- ❖ Incrementa la disponibilidad de elementos tales como: de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre.
- ❖ Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente nitrógeno.
- ❖ Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón.
- ❖ Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- ❖ Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.

2.7 Propiedades físicas:

- ❖ Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactos y ligando los sueltos y arenosos.

- ❖ Mejora la porosidad y, por consiguiente, la permeabilidad y ventilación.
- ❖ Reduce la erosión del terreno.
- ❖ Incrementa la capacidad de retención de humedad.
- ❖ Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica.

2.8 Biología:

- ❖ El lombricompost es fuente de energía, la cual incentiva a la actividad microbiana.
- ❖ Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana.

2.9 Análisis Químico

El análisis químico del lombricompost, dependerá del material utilizado para la alimentación de las lombrices, además, al ser un producto natural, su composición química no es constante. Los parámetros que se brindan seguidamente son valores más comunes, observados en diferentes tipos de humus de lombriz analizados.

Tabla 2. Análisis químico del lombricompost

CONCEPTO	RANGO y/o CANTIDAD
Ácidos húmicos	2,57 – 4 g Eq/100g
Act. Quitinasa	100 c/g
Actinomicetos totales	170 000 c/g
Arenas y gravas	Exento
Bacterias aeróbicas	460 000 000 c/g
Bacterias anaeróbicas	450 000 c/g
Boro	57,8 mg/kg
Calcio	2,70% a 8%
Carbono orgánico	14 - 30%
Cobre	0 - 89 mg/kg
Contenido de cenizas	No superior al 2%
Flora bacteriana	Superior a 2 millones de colonias
Fósforo (P ₂ O ₅)	2% a 2,5 %
Hierro disponible	0 - 75 mg/dm ³
Hongos	1 500 c/p
Humedad	Ideal entre 20 y 30%
Levaduras	10 c/g
Magnesio	0,3% a 2,5 %
Manganeso	455 mg/kg
Materia orgánica	65 - 70 %
Materia orgánica sin digerir	No será superior al 2%
Nitrógeno como N ₂	1,5% a 2,2%
pH	Neutro, ubicándose entre 6, y 7,2
Potasio (K ₂ O)	1,0% a 1,5%
Razón C/N	11,55
Relación Aer./Anaer	1:1 000
Relación C/N	se ubicará entre 9 y 13
Sodio	0,02%
Zinc	125 mg/kg

Fuente: Martínez, 1996

El humus de lombriz resulta rico en elementos nutritivos, rindiendo en fertilidad de 5 a 6 veces más que con el estiércol común. Sin embargo, los resultados experimentales indican que no es el contenido propio de nutrientes, el factor determinante de las mejoras en las condiciones edáficas y productivas; sino, la combinación de estas, con la materia orgánica y los microorganismos ahí contenidos.

Los experimentos efectuados con lombricompost en distintas especies de plantas, demostraron el aumento de las cosechas en comparación con aquellos provenientes de la fertilización con estiércol, o con abonos químicos.

Tabla 3. Comparación de producciones obtenidas en distintos cultivos, usando lombricompost y fertilizantes químicos

ESPECIE VEGETAL	LOMBRICOMPOST	QUÍMICOS
	Producción (kg /ha)	
Acelga	56	24
Habas	48	32
Judías	42	10
Lentejas	32	50
Espinaca	92	54
Naranja	86	50
Melón	32	5
Pera	28	4

Fuente: Martínez, 1996

Los experimentos realizados, en pruebas comparativas de fertilidad, con abono químico y lombricompost, después de seis años de experimentación, muestran que en el primer año la producción obtenida con el humus de lombriz se incrementa en un 250% con respecto al rendimiento del cultivo usando fertilización química. Para el segundo año la diferencia es del 100%, ya en el tercer año se obtiene un incremento de tan solo el 70%. Igualmente, los periodos productivos se acortan en los distintos cultivos; por ejemplo, se lograron berenjenas en 65 días, tomates en 55 días, y achicorias en 35.

2.10 Sugerencias para aplicación de lombricompost

El lombricompost puede almacenarse por mucho tiempo sin que se alteren sus propiedades, pero es necesario que mantenga siempre una buena humedad; la óptima está entre el 20% y el 30%.

El compost de lombriz, como todo abono orgánico, se extiende sobre la superficie del terreno, regando abundantemente para que la flora bacteriana se incorpore rápidamente al suelo.

Nunca se debe enterrar porque sus bacterias requieren oxígeno. Si se aplica en el momento de la plantación favorece el desarrollo radicular. Por otra parte, al hacer más esponjosa la tierra, disminuye la frecuencia de riego.

La cantidad de lombricompost que debe aplicarse al suelo dependerá del tipo de cultivo que se vaya a cultivar; además de que dependerá de las condiciones físicas del suelo, especialmente la textura y la estructura del mismo. Entre más deterioradas se encuentren estas características, mayor será la necesidad de lombricompost, y por lo tanto, más cantidad deberá aplicarse.

La Tabla 4 siguiente, presenta las cantidades recomendadas de lombricompost, según el cultivo.

Tabla 4. Cantidad de humus de lombriz a aplicar según el cultivo, y según sea para iniciar el suelo, o mantenerlo.

Cultivo	Inicio	Mantenimiento
Hortalizas	120 g/planta	
Semilleros	5 al 100%	
Floricultura	400 g/m ²	200 g/m ²
Frutales	3 kg/árbol	
Árboles	2-3 kg	1 kg
Rosales y leñosas	500 g/1	2 kg/ m ²
Césped	1 kg/m ²	500 g/m ²
Plantas de interior	mezcla al 50% con la tierra	4 cucharadas por maceta
Orquídeas	mezcla al 10% con la tierra ¹	1 cucharada por maceta
Macetas de 40 cm	15 cucharadas	
Macetas de 20 cm	8 cucharadas	

Fuente: www.totcompost.com, aplicaciones de lombricompost, 2009

Sin olvidar las cantidades sugeridas, para cada tipo de cultivo, contenidas en el Tabla 4, una cantidad estandarizada, de abono orgánico en general, aplicable al humus de lombriz también, que se recomienda utilizar en suelos deteriorados y degradados, es de 10 a 12 toneladas de abono por hectárea, esto es, 120 kilos por cada 10 m² o 12 kg por m².

2.11 Cantidad de abono orgánico según el sustrato usado

Las cantidades aproximadas que podemos obtener, dependiendo del sustrato utilizado pueden ser:

Tabla 5. Cantidad de humus de lombriz obtenido según el sustrato usado.

Valores máximos en cada caso

Cantidad de abono orgánico según el sustrato usado	
Sustrato (una tonelada)	Abono obtenido
Estiércol	Media tonelada
Pulpa de café	200 kilogramos
Cachaza de caña	220 kilogramos
Desecho de mercado	10 kilogramos

Fuente: Martínez, 2005

2.12 El compost

Se ha mencionado, principalmente en la normativa de calidad del lombricompost, que la materia orgánica utilizada debe ser pasteurizada por medio del proceso de formación de compost, o composteo. El composteo para lombricultura, es una forma de fermentación de los desechos orgánicos con el objeto de prepararlo para alimentar a las lombrices.

Con el composteo puede hacer el manejo de los desechos orgánicos hasta obtener abono de calidad. Pero, para la lombricultura, la idea es hacer un precomposteo, de manera que el pH y las condiciones generales de la materia orgánica, sean aptas para alimentar lombrices.

En el composteo, el desecho se coloca en capas, con los diferentes desechos disponibles, procurando hacer mezcla de desechos en función de su RCN (relación carbono nitrógeno). Se recomienda usar una capa inicial de desechos con alto contenido de carbono, que sirve como opción de drenaje y base del compost (hojas secas, aserrín). De ahí en adelante, las capas pueden colocarse en el orden que se desee, no hay diferencia en eso. La altura del compost no es una limitante, puede hacerse tan alta como sea funcional para su manejo.

El compost se tiene que colocar bien húmedo. Para favorecer la fermentación, se deja en reposo 6 días, para iniciar el ciclo de movimientos o rotación, que se puede hacer según la disponibilidad de tiempo, diariamente, cada dos días o según sea la oportunidad que se tiene. El movimiento del compost tiene como objeto el de airear y hacer que el proceso de descomposición del desecho se haga aeróbicamente, de manera que se mantengan las calidades nutricionales del desecho, y que se incremente la flora microbiana del mismo. Se recomienda que el compost posea un metro de ancho, separadas 50 cm una de otra, orientadas de norte a sur. Esto es para facilitar el manejo, y para que el sol pueda calentar a todo el compost al rotar la tierra sobre su propio eje.

En el tanto que se le dé una adecuada aireación al compost, así se acelera el tiempo de proceso para convertirse en abono orgánico, lo mismo que la calidad del mismo.

La humedad es importante, por eso, conforme se mueve, y si se observa la necesidad de humedecer, debe hacerse, esto es, si se nota que el compost está seca, entonces se debe agregar agua (regar). (Martínez, 2005; Martínez, 1996).

2.12.1 *¿Por qué hacer compost?*

- ❖ Para obtener el abono orgánico necesario.
- ❖ Para disponer de los desechos orgánicos que se generan.
- ❖ Para darle manejo adecuado a los desechos orgánicos existentes.
- ❖ Para eliminar la contaminación que generan los desechos orgánicos existentes.
- ❖ Para el manejo adecuado de los desechos urbanos.
- ❖ Para incorporar el abono al suelo y mejorarlo.
- ❖ Para realizar una producción sostenible.
- ❖ Para reciclar los recursos que se poseen.
- ❖ Para mejorar la relación familiar al integrarla en una actividad productiva.
- ❖ Para mejorar la relación comunal al integrarla en proyectos de mejoras del ambiente y de su salud.

2.12.2 Proceso de elaboración del compost

- ❖ Reunir los desechos existentes por separado en el lugar escogido para realizar el compost.
- ❖ Definir la primera capa según lo recomendado anteriormente.
- ❖ Humedecer el material y colocarlo en capa cubriendo toda el área destinado al compost. Si el material es muy grande, como ramas, zacate, o palos, lo conveniente es picarlo lo más fino posible, esto facilitará el manejo del compost al momento de voltearla.
- ❖ Proceder de igual manera con el resto de capas hasta terminar el compost, o el material disponible.

El compost debe ubicarse en un sitio donde se tenga una fuente de agua que pueda suplir la necesidad del compost.

Se debe limpiar el terreno y nivelarlo según el requerimiento, de manera que el trabajo a realizar sea cómodo y efectivo, especialmente se debe planificar el volteo del compost, y el manejo de los posibles lixiviados.

El compost trabaja por fermentación, si es una zona muy lluviosa, se debe prevenir la necesidad de proteger al compost del exceso de lluvia por medio de un techo, en este caso se recomienda, con el afán de abaratar el costo, usar los materiales locales de que se dispongan (Almonte, 2009; Costa Rica Reciclaje, 2008; Fallas, 2007; Guevara, 2009; López, 1980; Martínez, 2005; Martínez, 1996).

CAPITULO III

3 METODOLOGÍA.

3.1 Tipo de investigación

Ésta es una investigación aplicada para resolver el problema de cómo hacer una disposición adecuada de los desechos sólidos domésticos recibidos por la Municipalidad de Garabito.

La investigación es descriptiva y explicativa. Descriptiva porque pretende describir la forma en que actualmente se hace la disposición de los desechos sólidos. Y explicativa, porque pretende demostrar que usando lombrices rojas californianas se puede hacer una disposición adecuada de éstos desechos.

3.2 Recopilación de datos

3.2.1 Instrumentos

3.2.1.1 *Datos estadísticos del Parque Ambiental de Desechos Sólidos de Garabito*

Se cuenta con los informes que genera el Parque Ambiental los cuales son extraídos de la base de datos que se mantiene en el lugar, donde se anota la entrada de desechos en general, procedencia, tipo de material, entre otros.

3.3 Realización del Diagnóstico del Parque Ambiental de Residuos Sólidos

Se realizó un diagnóstico de la situación del Parque Ambiental de residuos Sólidos, respecto a las estadísticas básicas de cantidades recibidas, composición de los mismos, porcentajes de recuperación, para conocer más de cerca la problemática que se estaría manejando.

La información del diagnóstico se complementa con la revisión bibliográfica realizada, con lo que se determinaron las capacidades y condiciones de las instalaciones necesarias para el procesamiento de los residuos sólidos orgánicos recibidos diariamente en el Parque Ambiental de Residuos Sólidos.

3.4 Preparación del lugar de trabajo

El sitio en que se realizó la prueba de campo que permitió obtener los resultados que se presentan en este informe se preparó de la siguiente manera.

Primero se escogió una estructura metálica existente, la cual fue usada en el pasado para un vivero forestal, pero que estaba sin uso en ese momento, como base para la prueba.

Se usó material que ingresa comúnmente al lugar, como madera, pedazos de sarán, sacos de yute viejos, para aislar el lugar de manera que quedó protegido de aves domésticas y no domésticas, las cuales pueden causar daños y alterar el resultado de este tipo de explotación.

3.5 Preparación del precomposteo

Para la preparación del precomposteo se usaron cajas de frutas que fueron rescatadas del mismo Parque Ambiental.

Se recogieron 5 muestras de desechos sólidos orgánicos que se reciben diariamente. Se picaron finamente y se colocaron a reposar.

Cada caja se mantuvo en reposo tres días, para esto se etiquetaron con la fecha de inicio el proceso. Luego se voltearon, o vaciaron en otra caja, donde se dejó reposar otros tres días, y así sucesivamente hasta completar 15 días de precomposteo.

Completados los 15 días de precomposteo se realizó la prueba de inoculación con lombriz roja californiana. Si se pasaba la prueba se inoculaba la lombriz, de lo contrario se le dio tres días más de precomposteo, y se procedió a realizar la prueba nuevamente.

3.6 Introducción de la lombriz roja californiana y cosecha

Cuando el precomposteo pasó la prueba de inoculación, se procedió a inocular con la lombriz roja californiana. Para esto, se mantuvo cajas de cría de lombrices, donde se les alimentaron con residuos sólidos orgánicos recuperados del Parque Ambiental, mezclados con excretas de animales domésticos, especialmente bovinos, que aumenta la posibilidad de tener un sustrato adecuado para que la lombriz se desarrolle y reproduzca con rapidez.

La inoculación se realizó de la siguiente manera:

- Conociendo el peso de precompost de cada caja, se preparó la cantidad de lombriz limpia requerida y se distribuyó sobre la superficie del alimento.
- Se anotó la fecha y se dejó reposar tantos días como kilogramos de precompost se tuvieran. Pasado este tiempo se procedió a trampear la cama de alimento para eliminar la lombriz adulta existente.
- El procedimiento de trampeo se repitió a los 22 días para eliminar las lombrices que nacen de los cocones que quedaron en el lombricompost.
- El producto obtenido se colocó en camas de presecado, para bajar la humedad hasta un 30%, quedando listo para su utilización.

CAPITULO IV

4 Resultados y Discusión.

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos, que condensa lo más importante que se pudo encontrar en el desarrollo de este Trabajo en el Parque Ambiental de Residuos Sólidos de la Municipalidad del Cantón de Garabito.

La información se ordena usando como indicador lo propuesto en la metodología, procurando obtener un resultado que permita alcanzar cada uno de los objetivos específicos propuestos.

4.1 Situación del Parque Ambiental de Residuos sólidos

El análisis de la información se hace usando como base la información del trimestre comprendido entre los meses de abril, mayo y junio del año del 2010, de esta manera se tiene una información actualizada de lo que está ocurriendo en el Parque Ambiental.

Como resultado de este análisis, donde se usa la base de datos que posee el Parque Ambiental, se obtiene lo siguiente:

4.1.1 Cantidades recibidas

Considerando que el periodo analizado consta de 91 días, se hace una estimación de la cantidad de residuos sólidos, por tipo, que se producen en el Cantón de Garabito.

El resultado se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Resumen de Ingreso de Residuos Sólidos al Parque Ambiental en el segundo trimestre del 2010

Tipo de Residuo	Total (Kg)	%	Diario (kg)
DOMESTICO	1.994.566,00	65.21	21918,30
ESCOMBRO	177.806,00	5.81	1953,91
VEGETAL	790.155,00	25.83	8683,02
RECICLAJE	32.830,00	1.07	360,76
RECUPERADORES	63.139,00	2.06	693,83
TOTAL	3.058.496,00		33.609,85

Fuente: Base de datos del Parque Ambiental de Residuos Sólidos de la Municipalidad de Garabito

Puede notarse en el Cuadro 2 que los desechos sólidos se separan en 5 categorías, las cuales se describen seguidamente:

- Doméstico: Se refiere a todo el desecho recogido del área comercial y comunal del Cantón, sin clasificación alguna.
- Escombro: se refiere a todos los desechos que provienen de construcciones especialmente.
- Vegetal: Son los materiales de jardinería, y de arreglo de zonas verdes y orillas de caminos.
- Reciclaje: Son materiales provenientes de comercio y comunidad que están participando del programa de reciclaje que mantiene la Municipalidad.
- Recuperables: Son los materiales que entregan los recuperadores y entregados al centro de acopio que mantiene la Municipalidad dentro del Parque Ambiental.

4.1.2 Origen de los residuos

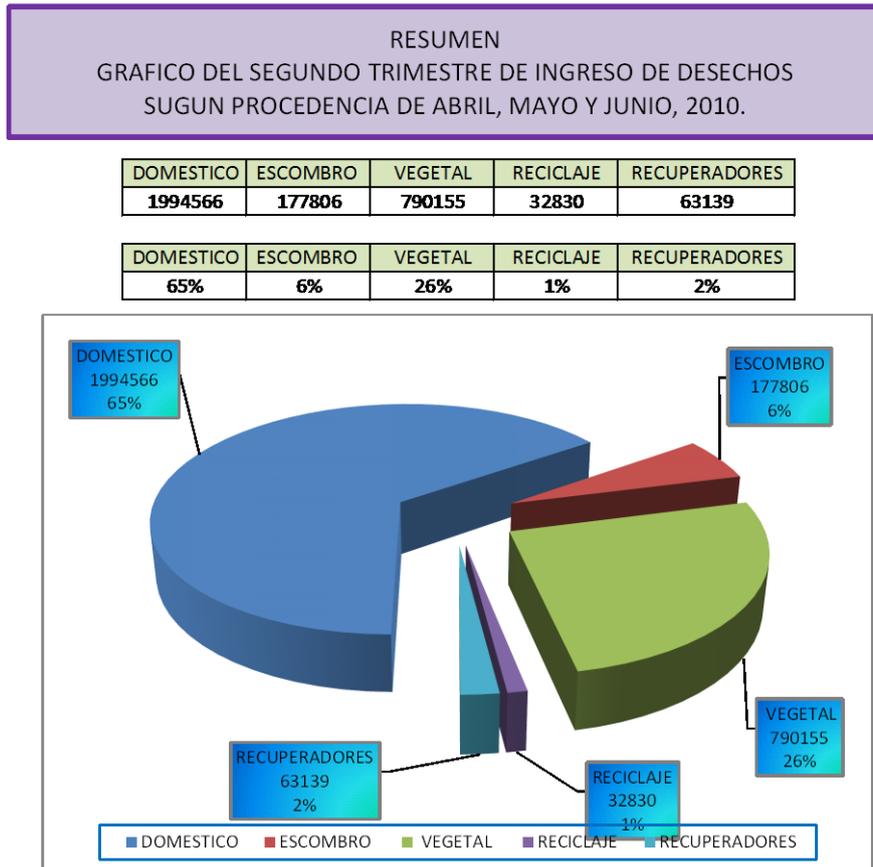
En el Gráfico 1 se puede apreciar el origen de los desechos recibidos en el segundo trimestre del año 2010 en el Parque Ambiental de Desechos Sólidos de la Municipalidad de Garabito.

Se observa en el Gráfico 1, que del 100% de residuos sólidos recibidos, únicamente un 3% ingresa clasificado, o listo para el reciclaje.

Igualmente es importante destacar un 65% de desechos que provienen del comercio y la comunidad sin clasificación alguna.

La cantidad de residuos vegetales recibidos en el periodo corresponden a un 26% del total, material que se está enterrando en una trinchera especial para estos materiales, pero que no se le da ninguna utilización posterior, siendo un material que puede ser potencialmente trabajado para ser usado nuevamente.

Gráfico 1. Ingreso de desechos en el Parque Ambiental en el segundo trimestre del 2010.



NOTA: Se detalla la cantidad en kg y el % de los desechos solidos segun su categoria que ingresaron al relleno correspondiente al 2º trimestre de 2010.

Fuente: Base de datos del Parque Ambiental de Residuos Sólidos de la Municipalidad de Garabito

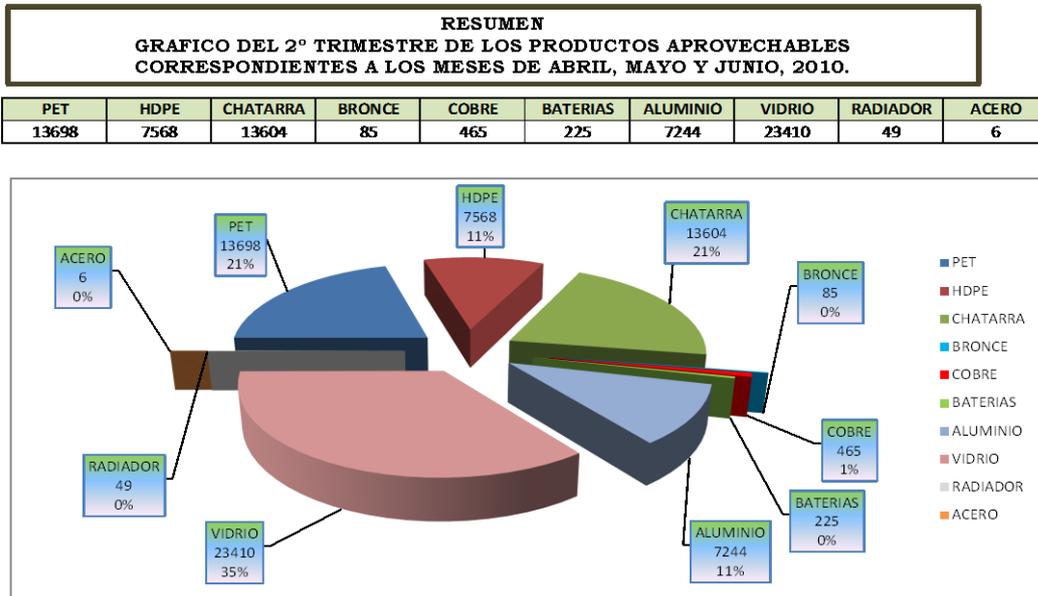
4.1.3 Composición de los mismos

Dentro del parque ambiental no se recolecta información que permita determinar la naturaleza de los residuos sólidos que ingresan al mismo. El único material que se registra según su composición es el que se recupera o recibe para el reciclaje.

La composición del material recuperado y de reciclaje se puede observar en el Gráfico 2.

Se destaca el vidrio con un 35% del total recuperado, seguidos por el pet y la chatarra con 21% cada uno, y el Aluminio y HDPE con 11% cada uno. Los otros elementos recuperados poseen porcentajes inferiores al 1% en su conjunto.

Gráfico 2. Residuos sólidos recuperados y su composición, segundo trimestre del año 2010.



NOTA: Se detalla la cantidad en Kg y el % de los productos aprovechables según su categoría que ingresaron al relleno correspondiente al 2º trimestre del 2010.

Fuente: Base de datos del Parque Ambiental de Residuos Sólidos de la Municipalidad de Garabito.

4.1.4 Valor de los elementos recuperados

El Cuadro 3 contiene información de cantidad recuperada y total del ingreso obtenido por tipo de material para el mes de abril del 2010.

Cuadro 3. Cantidad recuperada e ingreso obtenido en el Parque Ambiental de Residuos Sólidos de la Municipalidad de Garabito.

Tipo	kg	%	Colones	%
PET	7.926,00	38,54%	792.600,00	21,64%
HDPE	4.885,00	23,76%	488.500,00	13,34%
CHATARRA	4.700,00	22,86%	235.000,00	6,42%
COBRE	146,00	0,71%	394.200,00	10,76%
ALUM. MICELANIO	139,50	0,68%	97.650,00	2,67%
BATERIAS	148,00	0,72%	41.440,00	1,13%
BRONCE	32,00	0,16%	54.400,00	1,49%
PAPEL ALUM.	10,00	0,05%	500,00	0,01%
ACERO	11,00	0,05%	6.600,00	0,18%
RADIADOR ALUM.	8,00	0,04%	2.000,00	0,05%
RADIADOR COBRE	13,00	0,06%	22.100,00	0,60%
ALUMINIO	2.545,00	12,38%	1.527.000,00	41,70%
Total	20.563,50		3.661.990,00	

Fuente: Controles que mantiene el Administrador del Parque Ambiental. Abril 2010

En el Cuadro 3, se puede observar que el total recaudado de la venta de los productos recuperados en el Parque Ambiental es de ₡ 3,661,990.00, correspondiente a Abril, 2010. Este ingreso se distribuye entre los recuperadores lo que representó un promedio de ₡ 50,860.00, por semana para cada uno de los involucrados.

En el Cuadro 3 se puede observar que en el mes de abril, el aluminio, a pesar de ocupar el cuarto lugar en cantidad con un 12,38%, es el material que más ingresos genera con el 41,70 % del total recaudado. Esto desde luego se debe al precio de ₡ 600,00 por kg de aluminio vendido, en comparación con los precios del PET, HDPE y la Chatarra, aunque estos superan en cantidad recuperada.

4.1.5 Resumen del diagnóstico

Es importante señalar que existe en la comunidad atendida por el Parque Ambiental de Residuos Sólidos de la Municipalidad de Garabito una población que mantiene la separación de los residuos sólidos que produce, y que están participando en el programa de reciclaje impulsado por la Municipalidad.

Aunque el porcentaje separado en la fuente es muy bajo (solo 3% del total, como se indicó), es un esfuerzo que se debe mantener por todos los beneficios que esto lleva, como es la generación de ingresos sanos para el Parque Ambiental, o para los recuperadores involucrados, aumenta la vida útil de las trincheras, mejora el ambiente de la comunidad, reduce la incidencia de personas que deambulan buscando entre la basura doméstica artículos recuperables (especialmente aluminio), entre otros.

Este programa por lo tanto es importante mantenerlo y fomentarlo en la medida de las posibilidades.

Igualmente es importante señalar que queda mucho por hacer, sea en el mismo Parque Ambiental, donde se puede mejorar el proceso de recuperación y procurar aumentar la cantidad recuperada, porque de esta manera se podría mejorar la remuneración de las personas involucradas, pero no solo eso, sino que se podrían mejorar las condiciones de trabajo de todas las personas involucradas en la operación del Parque Ambiental.

La fotografía 1 muestra una de las baterías utilizadas para los materiales reciclados en la fuente.

Fotografía 1. Batería de reciclaje del programa municipal



Se le daría más vida a las trincheras, se eliminaría la cantidad de lixiviados, y a la vez se reduce el riesgo de contaminación y la presencia de fauna indeseable.

También se nota que, a pesar de que se tiene un control general de la entrada de materiales al Parque Ambiental, hacen falta controles específicos que permitan conocer en detalle la composición de los materiales que se están recibiendo, lo que permitiría poder tomar acciones para darle una mejor disposición y buscar procedimientos que aumenten el porcentaje de recuperación que se tiene actualmente.

Uno de los materiales de los cuales no se tiene información son los residuos de origen orgánico que vienen mezclados entre los residuos que se consideran domésticos, y que son objeto del este estudio.

Seguidamente se presentan los resultados obtenidos en este estudio.

4.2 Prueba de campo realizada

Se escogió una unidad metálica existente en el Parque Ambiental de Desechos Sólidos para hacer la prueba de compostaje y producción de lombricompost, de manera que se pueda determinar la viabilidad de procesar los residuos orgánicos de los residuos sólidos domésticos recibidos en el Parque Ambiental.

La Fotografía 2 muestra la estructura usada para las pruebas realizadas.

Fotografía 2. Estructura utilizada para realizar la prueba de lombricompost



Los materiales se recogían de la trinchera actualmente en uso, la cual se muestra en la Fotografía 3.

Fotografía 3. Trinchera usada para recolectar las muestras de desechos sólidos orgánicos.



Las muestras recogidas pasaban al lombricario (Fotografía 4), donde se sometía a un proceso de compostaje de 15 días de duración.

Fotografía 4. Vista externa del lombricario.



En el lombricario se sometió a un proceso de compostaje, de 15 días de duración, con controles de pesos al inicio del proceso y al final del mismo.

4.2.1 Precomposteo

El precomposteo consistió en picar finamente los materiales recolectados, y colocarlo en reposo en cajas recicladas del mismo Parque Ambiental.

El reposo se separó en periodos de 3 días, volteando el material para darle aireación y evitar el exceso de temperatura.

Se hizo un control de peso de entrada y de peso de salida, en esta etapa de precomposteo. La Fotografía 5 presenta un ejemplo de control de peso de material precompostado.

Fotografía 5. Control de peso del material precompostado



El volteo del material cada tercer día se realizó traspasando el material de una caja a otra para mayor facilidad. La Fotografía 6 permite ver la forma en que se realizó este procedimiento.

Fotografía 6. Volteo del precompostaje.



Al final del periodo de 15 días se tuvo un material apto para ser usado como alimento de las lombrices.

La Fotografía 7 presenta una caja con material que posee 15 días de precompostaje.

Fotografía 7. Precompost después de 5 volteos.

En el periodo de prueba se tomaron 5 muestras de materiales, se picaron finamente y se colocaron en las cajas recicladas.

Los datos de pesos iniciales y finales de estas muestras se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Peso inicial y final de las muestras de precomposteo

Dato	Peso (gramos)		%
	inicial	Final	
Muestra 1	32.000,00	24.500,00	76,56%
Muestra 2	24.600,00	16.850,00	68,50%
Muestra 3	18.870,00	13.350,00	70,75%
Muestra 4	28.150,00	19.280,00	68,49%
Muestra 5	21.790,00	13.580,00	62,32%
Promedio	25.082,00	17.512,00	69,82%

Fuente: Datos de campo prueba precomposteo

El precomposteo realizado hace que se obtenga un 69,82% de rendimiento del compost, el cual quedó listo para ser inoculado con la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), como puede observarse en el Cuadro 4.

Es importante indicar que las cantidades de material orgánico recibido no es significativo, y llega al Parque Ambiental muy contaminado, aun en estas condiciones se realizaron las pruebas respectivas para determinar la viabilidad de transformarlos en lombricompost.

Terminado el periodo de compostaje se realizo la prueba de inoculación y como siempre fue positiva, entonces se inoculó con lombrices previamente producidas con ese fin.

La prueba de inoculación consistió en colocar entre 5 y 10 lombrices sobre el material precompostado y esperar 3 minutos.

Las lombrices cuando descubren alimento, se introducen en él para alimentarse, si el alimento no es apto para ser digerido, por consistencia o por acidez, no se introducen en él.

Si el material no pasa la prueba de inoculación, sería un indicativo de que aun requiere más tiempo de precomposteo.

En esta prueba realizada, todos los materiales precompostados durante 15 días estuvieron aptos para ser inoculados con lombrices.

La fotografía 8 muestra una de las pruebas de inoculación. En esta, la mayoría de las lombrices colocadas ya han desaparecido dentro del material precompostado.

Fotografía 8. Prueba de inoculación del compost con lombrices



Concluida con la prueba de inoculación, se procedía a colocar el resto de las lombrices para que se alimenten del material precompostado.

4.2.2 Producción de lombricompost

Dado que no se tenía una romana pequeña, para medir la cantidad exacta de lombrices requeridas para 30 días de alimentación, se hizo con pesos aproximados.

El estándar teórico (Martínez, 1996) indica que un kilogramo de lombriz digiere un kilogramo de material por día.

La Fotografía 9 representa una unidad de producción de lombricompost ya casi lista para la cosecha.

Fotografía 9. Lombrices en proceso de producción de lombricompost



Concluido el período de producción de lombricompost, se realizaron trampeos para limpiar el producto de lombrices.

En esta prueba se usaron tubos PVC perforados, llenos con material precompostado y se colocaron de la caja con material consumido. Las lombrices se trasladaron durante la noche especialmente hacia el material nuevo, logrando así limpiar el producto de lombrices.

En la fotografía 10 aparece una de las trampas para limpiar el lombricompost, usadas en plena función.

Fotografía 10. Trampeo para limpiar el lombricompost de lombrices



En la fotografía 11 aparece el lombricompost libre de lombrices en un proceso de presecado para dejarlo listo para su utilización.

Fotografía 11. Secado del lombricompost cosechado



En el Cuadro 5 se puede ver el resultado obtenido de las 5 pruebas realizadas para obtener lombricompost a partir de desechos sólidos orgánicos recuperados de la trinchera abierta en el Parque Ambiental de Desechos Sólidos de la Municipalidad de Garabito.

Puede observarse en el Cuadro 5 un rendimiento promedio del 37,08% de lombricompost con un porcentaje de humedad alrededor del 50%. Esto indica que se ha perdido un 66,92% de agua en el proceso de obtención del producto.

Cuadro 5. Producto obtenido en las pruebas de lombricompost

	Peso (gramos)		%
	inicial	Final	
Muestra 1	32.000,00	12.650,00	39,53%
Muestra 2	24.600,00	8.460,00	34,39%
Muestra 3	18.870,00	6.100,00	32,33%
Muestra 4	28.150,00	11.560,00	41,07%
Muestra 5	21.790,00	7.730,00	35,47%
Promedio	25.082,00	9.300,00	37,08%

Fuente: Datos de campo prueba de lombricompost

Los materiales fueron convertidos en lombricompost en un mes promedio, reduciendo el ciclo esperado en 15 días. Esto se puede justificar por el tipo de material usado, con alto contenido de agua y de fácil consumo para las lombrices, como los vegetales verdes. Otro factor es la cantidad de lombriz usada, que al no pesarse puede haberse colocado más cantidad de lo previsto.

Lo más importante es que se ha podido comprobar que los materiales orgánicos que son recibidos en los residuos domiciliarios pueden ser transformados usando lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) en lombricompost que puede ser comercializado, o bien usado por la misma Municipalidad en los proyectos particulares de embellecimiento del cantón.

Debido a que no se reciben porcentajes importantes de residuos orgánicos en los desechos sólidos domiciliarios, se deben hacer estudios en la comunidad para determinar cómo están haciendo la disposición de los mismos. Especialmente en las ferias del agricultor, donde definitivamente se producen muchos desechos orgánicos que podrían tratarse con lombrices rojas californianas.

Se sospecha que las familias y el comercio están dando tratamiento a sus desechos orgánicos, especialmente en alimentación de animales domésticos, cerdos específicamente, pero no se puede tomar como una conclusión definitiva. Por este motivo es importante que se hagan estudios al respecto.

Lo que si se evidencia del resultado obtenido es que hay una separación de los residuos orgánicos generados del resto de residuos domiciliarios, dada la reducida cantidad que forma parte del grueso recibido en el Parque Ambiental.

CAPITULO V

5 Conclusiones y recomendaciones.

Del análisis de los resultados se pueden obtener las siguientes conclusiones:

5.1 Conclusiones

Se reciben diariamente 33.6 toneladas residuos domésticos en el Parque Ambiental, de los cuales el 65% del total son del tipo doméstico.

Se recibe un estimado diario de 8.7 toneladas (25.8% del total), de residuos vegetales. Estos residuos sólidos están siendo enterrados en trincheras dedicadas a este fin.

Se recibe 0.36 toneladas de residuos sólidos que han sido clasificados y reciclados en la fuente del residuo, gracias al programa que la Municipalidad mantiene con este fin. Esta cantidad corresponde al 1.05% de los residuos sólidos recibidos en el Parque Ambiental.

El programa de separación en la fuente, que mantiene la Municipalidad de Garabito, produce un resultado importante para el manejo de desechos sólidos del cantón.

El 100% de los materiales sólidos orgánicos domésticos recuperados y composteados, estuvieron listos para alimentar las lombrices rojas californianas a los 15 días.

Se obtiene un 69,82% de precompost, con un contenido de humedad estimado entre 50% y 60%, listo para alimentar las lombrices rojas californianas.

Se obtiene un rendimiento promedio del 37,08% de lombricompost con un porcentaje de humedad estimado en 50%.

Se demuestra que es viable técnicamente procesar los residuos sólidos orgánicos usando *Eisenia foetida*.

5.2 Recomendaciones

Tomando como base los resultados obtenidos y las conclusiones de este estudio se recomienda:

- Estudios de porcentaje de composición de materiales sólidos domiciliarios que ingresan al Parque Ambiental de Desechos Sólidos de la Municipalidad de Garabito, y así determinar periódicamente los componentes principales de éstos. Se podrá de esta manera planificar las actividades de capacitación y concientización que se realicen en la comunidad y en el comercio del cantón a fin de aumentar la eficiencia del Parque Ambiental.
- Programa de reciclaje en la fuente por medio de una campaña de educación que permita incrementar los porcentajes de residuos sólidos domiciliarios separados en la fuente y reciclados. Puede recurrirse a los convenios existentes con distintas instituciones para apoyar estas campañas, por ejemplo pueden ser trabajos de graduación de estudiantes de las universidades con las que se tienen relaciones actualmente.
- Análisis de destino final de residuos orgánicos de la comunidad, para determinar cómo los están disponiendo, especialmente los residuos de la feria del agricultor, e incluso establecer un horario de recolección que pueda generar material orgánico para producir lombricompost en el Parque Ambiental.
- Hacer estudios de composición química del humus obtenido si se desea continuar con el proyecto, a fin de asegurar que no hay presencia de materiales indeseables (metales pesados), semillas de malezas, y otros, que las lombrices son incapaces de procesar.
- Para realizar un proyecto que incluya todo el Parque Ambiental, se debe hacer el estudio de prefactibilidad para determinar los costos de inversión y de operación del proyecto.

CAPITULO VI

6 Bibliografía

- Almonte M., R. 2009. Biotecnología de la lombricultura para zonas tropicales: una opción ecológica y productiva. Presentación Power Point. Escuela de Zootecnia, de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo. República Dominicana.
- Costa Rica Reciclaje. 2008. ¿Cómo clasifico mi basura? ¿Por qué reciclar? Consulta realizada en línea en fecha. 30/09/09. Disponible en: [http://www.costaricareciclaje.com/esp/articulos_reciclaje/como clasificar_basura.php](http://www.costaricareciclaje.com/esp/articulos_reciclaje/como_clasificar_basura.php)
- Dirección General de Normas. 2007. Humus de Lombriz (lombricomposta) – especificaciones y métodos de prueba. Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007. México.
- Fallas, R y Montero, E. 2007. Reducción de la contaminación ambiental mediante la producción de lombricompost a partir de residuos orgánicos. Biblioteca Virtual ITCR, VIE. ITCR. Cartago, Costa Rica.
- Gaviria Montoya Lilliana, Soto Córdoba Silvia. Situación de la gestión de residuos sólidos en las Municipalidades en Costa Rica: recolección, disposición y recuperación. Tecnología en Marcha. Vol. 20-4 - Octubre - Diciembre 2007 P. 3-7.
- Gaviria Montoya, Lilliana, Soto Córdoba, Silvia. Situación de la gestión de residuos sólidos en las municipalidades de Costa Rica; gestión ambiental municipal. Tecnología en Marcha, Vol. 21-2, Abril-Junio 2008, P. 45-52
- Guevara F., José Luis. 2009. Aprovechamiento y recuperación de desechos sólidos municipales. Trabajo final de graduación, Universidad de Quintana Roo. México.
- La Gaceta. 7 de julio de 1989- Decreto No. 19.049-S. Imprenta Nacional. Costa Rica

- López G. y Pereira M., 1980, Eliminación de Residuos Sólidos Urbanos, Editores Técnicos Asociados, Barcelona, España
- Martínez Cerdas, Claudia. 2005. Sistema Integral de Producción Ecológica (SIPE). Apuntes de curso de capacitación. Colegio de Ingenieros Agrónomos. Costa Rica.
- Martínez Cerdas, Claudia. 1996. Potencial de la lombricultura elementos básicos para su desarrollo. San José, Costa Rica
- Miller, G. T. 2007. Ciencia Ambiental. Desarrollo Sostenible. Un enfoque integral. Octava edición. Distrito Federal, México. 323 p. ISBN 10:970-686-780-5.
- Retana, MJ. 2004. Diseño y Evaluación de un Módulo de Educación Ambiental para Niños de Edad Escolar, Estudio de Caso: Escuela Primaria EARTH. Trabajo de Graduación. Guácimo, Limón. Costa Rica. Universidad EARTH. 84 p.
- Servian Perla y Alvarado Soledad. 2010. Programa de Educación Ambiental Comunitaria sobre Manejo Integral de Residuos Sólidos en la Municipalidad de Garabito. Memoria de Graduación, Universidad Interamericana. Heredia. Costa Rica.
- Soto Gabriela y Muñoz Claudia. 2002. Consideraciones teórico – prácticas sobre el compost y sus aplicaciones en agricultura orgánica. Manejo integrado de plagas y agroecología. Número 65. Costa Rica.
- Vázquez H., Ana L. 2007. Guía de Lombricultura. Área de Ciencias Naturales, Colegio María Mercedes Carranza I. E. D. Cd. Del Cabo, México.

