

**RE-ASIMILACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS ORIGINADOS EN EL  
CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO, MEDIANTE PROCESOS DE HUMIFICACIÓN Y  
COMPOSTAJE**



**OSCAR EDUARDO MÉNDEZ MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
POPAYÁN  
2014**

**RE-ASIMILACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS ORIGINADOS EN EL  
CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO, MEDIANTE PROCESOS DE HUMIFICACIÓN Y  
COMPOSTAJE**

**OSCAR EDUARDO MÉNDEZ MUÑOZ**

**Trabajo de grado en la modalidad de investigación para optar al título de  
Ingeniero Agropecuario**

**M. Sc. IVÁN ENRIQUE PAZ  
Director**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
POPAYÁN  
2014**

## **Nota de aceptación**

El Director y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por su Autor y lo encuentran satisfactorio.

---

**M. Sc. IVÁN ENRIQUE PAZ**

Director

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

Popayán, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2014

## DEDICATORIA

*Primero que todo a Dios por permitirme alcanzar este tan anhelado triunfo en mi vida.*

*A mi madre Ruby Muñoz Rico y a mi padre Jorge Darío Méndez por su paciencia, imperecedero apoyo y gran comprensión en la culminación de esta importante etapa de mi vida.*

*A mi abuela Ana Teresa Constán de Méndez por su infinito amor.*

*A mi novia María Camila Castro Benavides por ayudarme en momentos de desánimo y por su fe en mí.*

*A mis tíos, primos, amigos y personas en general que de alguna manera me ayudaron.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad del Cauca por permitirme cursar mis estudios y formación profesional en sus instalaciones brindándome las herramientas necesarias para desarrollarme como un profesional en el sector agropecuario.

A mi director de tesis Iván Enrique Paz por su apoyo permanente para llevar a cabo este importante proyecto.

Al centro comercial Campanario por permitirme el uso de sus instalaciones para realizar mi investigación.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. MARCO REFERENCIAL	18
1.1 RESIDUOS SÓLIDOS	18
1.1.1 Propiedades de los residuos sólidos	19
1.1.2 Recuperación de residuos sólidos	19
1.1.3 Manejo de residuos sólidos	20
1.2 COMPOSTAJE	21
1.2.1 Materiales para elaborar una composta	21
1.3 ETAPAS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE	22
1.3.1 Etapa Mesofílica	22
1.3.2 Etapa Termofílica	24
1.3.3 Etapa de Enfriamiento	24
1.3.4 Etapa de maduración	24
1.4 MICROORGANISMOS EN EL COMPOST	25
1.4.1 Biología del compost	25
1.5 HUMUS	26
1.6 LOMBRICULTURA	27
1.7 LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA	27
1.7.1 Clasificación taxonómica de la lombriz	28
1.7.2 Anatomía de la lombriz	28
1.7.3 Fisiología de la lombriz	30

	pág.
1.7.4 Reproducción	31
1.8 LOMBRICARIO	33
1.8.1 Lombricario vertical	33
1.8.2 Lombricario de cajones	33
1.8.3 Lombricario en Suelo	34
2. METODOLOGÍA	36
2.1 PRIMERA ETAPA	36
2.2 SEGUNDA ETAPA	36
2.2.1 Transformación a compost	37
2.2.2 Transformación a lombricompost	38
3. RESULTADOS	42
3.1 COMPOST	42
3.1.1 Temperatura del compost	42
3.1.2 pH del compost	43
3.2 LOMBRICOMPOST	44
3.2.1 Distribución por etapa fisiologica	44
3.2.2 Peso de lombrices	48
3.2.3 Longitud de lombrices	49
3.2.4 Propiedades fisico-quimicas	50
3.2.4.1 Propiedades físico-químicas del Compost	50
3.2.4.2 Propiedades fisico-quimicas del Lombri-compost	53
3.2.4.3 Coeficientes de variación	56

	pág.
4. CONCLUSIONES	58
5. RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	66



## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Curva temperatura en diferentes etapas del proceso de compostaje	23
Figura 2. Anatomía externa e interna de lombriz roja Californiana	29
Figura 3. Diagrama Anatómico de un Oligoqueto	29
Figura 4. Ciclo reproductivo de la lombriz	32
Figura 5. Lombricario vertical	33
Figura 6. Posible disposición espacial para lombricario en cajones	34
Figura 7. Lombricario en suelo	34
Figura 8. Pila de residuos orgánicos mezclados	37
Figura 9. Tabla composición microorganismos eficientes	38
Figura 10. Termómetro Mengte y cinta medidora de pH utilizadas para control de variables	38
Figura 11. Construcción de camas para lombrices	39
Figura 12. Adecuación de camas para lombrices	40
Figura 13. Ubicación de residuos orgánicos por tratamiento establecido	40
Figura 14. Camas cubiertas con poli-sombra para evitar pérdidas de lombrices	41
Figura 15. Pesaje de lombrices en bascula digital METTLER AJ100	41
Figura 16. Tendencia de temperatura (°C) en los diferentes tratamientos	42
Figura 17. Tendencia del pH en los diferentes tratamientos	43
Figura 18. Promedio de individuos adultos por tratamiento	44
Figura 19. Promedio de individuos pre-adultos por tratamiento	45
Figura 20. Promedio de individuos pre-adultos por tratamiento	46
Figura 21. Promedio de individuos jóvenes por tratamiento	46

	pág.
Figura 22. Promedio de individuos infantes por tratamiento	47
Figura 23. Distribución poblacional promedio en el lombricompost	47
Figura 24. Promedios de peso por tratamiento	48
Figura 25. Promedios de longitud por tratamiento	49

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Anava para temperatura del compost	42
Tabla 2. Anava para pH del compost	44
Tabla 3. Pruebas de Duncan para individuos adultos y pre-adultos encontrados en lombricompost	45
Tabla 4. Pruebas de Duncan para individuos jóvenes e infantes encontrados en lombricompost	46
Tabla 5. Prueba de Duncan para promedios de peso (gr) de lombriz	48
Tabla 6. Prueba de Duncan para promedios de longitud (cm) de lombriz	49
Tabla 7. Promedios por tratamiento de algunas propiedades fisicoquímicos del compost	50
Tabla 8. Promedios por tratamiento de algunas propiedades fisicoquímicos del compost	50
Tabla 9. Prueba de Duncan para % grava y % saturación en compost	51
Tabla 10. Prueba de Duncan para humedad higroscopica y conductividad en compost	51
Tabla 11. Prueba de Duncan para % carbono y % nitrógeno en compost	52
Tabla 12. Prueba de Duncan para % fósforo y CIC en compost	52
Tabla 13. Prueba de Duncan para densidad y pH en compost	52
Tabla 14. Promedios por tratamiento de algunas propiedades físico-químicas del lombricompost	53
Tabla 15. Promedios por tratamiento de algunas propiedades físico-químicas del lombricompost	53
Tabla 16. Prueba de Duncan para % grava y % saturación en lombricompost	54
Tabla 17. Prueba de Duncan para humedad higroscopica y conductividad en lombricompost	54
Tabla 18. Prueba de Duncan para % carbono y % nitrógeno en lombricompost	55

	pág.
Tabla 19. Prueba de Duncan para % fósforo y CIC en lombricompost	55
Tabla 20. Prueba de Duncan para densidad y pH enlombricompost	55
Tabla 21. Probabilidad asociada a la prueba de t, de acuerdo con el tamaño de la partícula	56
Tabla 22. Probabilidad asociada a la prueba de t, de acuerdo con el tamaño de la partícula	56
Tabla 23. Coeficientes de variación (CV) obtenidos para algunas propiedades físico-químicas	56

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Valores promedios tomados de tratamiento 1	66
Anexo B. Valores promedios tomados de tratamiento 2	67
Anexo C. Valores promedios tomados de tratamiento 3	68
Anexo D. Valores promedios tomados de tratamiento 4	69
Anexo E. Análisis de varianza en lombricompost	70
Anexo F. Promedios por muestra de algunas propiedades físico-químicas del compost	72
Anexo G. Análisis de varianza en compost	73
Anexo H. Promedios por muestra de algunas propiedades físico-químicas del lombricompost	76
Anexo I. Análisis de varianza en lombricompost	77

## GLOSARIO

- ANAEROBIO:** microorganismo capaz de vivir en medios que carecen de oxígeno del aire.
- AEROBIO:** microorganismo que no puede vivir si no está en presencia de oxígeno del aire.
- COMBUSTIBLE:** es aquel que arde en presencia de oxígeno por acción de una chispa.
- COMPOSTAJE:** es un método de disposición de residuos orgánicos biodegradables para la producción de mejoradores suelos.
- DESECHO:** es cualquier producto inservible o inutilizado que su poseedor destina al abandono o del cual quiere desprenderse.
- DESPERDICIO:** es todo residuo sólido o semisólido de origen animal o vegetal sujeto a la putrefacción, proveniente de la manipulación, preparación y consumo de alimentos.
- EXPLOSIVO:** es aquel que genera grandes presiones en su descomposición instantánea.
- INCINERACIÓN:** proceso de secado y quemado técnico de la basura en el horno incinerador.
- INFLAMABLE:** es aquel que puede arder espontáneamente en condiciones normales.
- INORGÁNICO:** son los residuos que permanecen en su estado y forma por largo tiempo.
- LIXIVIADOS:** líquidos generados por el proceso de descomposición de la basura orgánica que son altamente corrosivos, ácidos y contaminantes.
- ORGÁNICO:** son los residuos que se pudren porque son biodegradables, se descomponen fácilmente al contacto con el medio natural.
- PATÓGENO:** es aquel que por sus características y composición pueden ser reservorio o vehículo de infección.
- RECICLAR:** es el proceso mediante el cual los residuos son transformados en materia prima para la fabricación de nuevos productos.
- RELLENO SANITARIO:** es una técnica de disposición de basuras en el suelo, que no causa perjuicio al medio, y evita molestias y peligros para la salud.
- RESIDUO SÓLIDO:** es todo objeto, sustancia, elemento en estado sólido que se abandona o rechaza.
- TÓXICO:** es aquel que por sus características físicas o químicas puede causar daño o la muerte a los seres vivos o provocar contaminación

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado: «Re–asimilación de residuos sólidos originados en el centro comercial campanario, mediante procesos de humificación y compostaje» fue desarrollado en la ciudad de Popayán (Colombia) Y consistió en la separación de los residuos orgánicos e inorgánicos producidos en el centro comercial a fin de permitir la realización de un detallado análisis de los residuos obtenidos acordes para el proceso de investigación.

El aforo individual de los residuos permitió calcular la cantidad y proporción promedio de desechos aprovechables y no aprovechables obtenidos diariamente por cada local del centro comercial, y su eficiencia en tiempo y la calidad del material para elaborar compost y lombricompost. La base del compost fue una mezcla de residuos vegetales, complejo microbiano y tierra, la del lombricompost fue una mezcla de cáscaras (tomate, lechuga, papa, plátano, frutales y lombriz roja californiana).

Como resultado se obtuvo un compost y un lombricompost con características adecuadas para ser usados como abono, en especial, el lombricompost el cual, en comparación, presento las mejores características físicas, pH y Capacidad de intercambio catiónico.

**Palabras claves:** humificación, compostaje, residuos, aforo, abono, Capacidad de intercambio catiónico.

## ABSTRACT

This research work called: "Re-assimilation of solid waste generated in Campanario shopping center, through processes of drying and composting" was developed in the city of Popayán (Colombia) and consisted of the separation of the organic and inorganic residues produced in the shopping center in order to allow for the completion of a detailed analysis of the residues obtained chords for the research process.

The seating capacity of individual residues allowed to calculate the average quantity and proportion of recyclable waste and not exploitable obtained daily by each of the local shopping center, and its efficiency in time and the quality of the material to produce compost and vermicompost. The base of the compost was a mixture of vegetable waste, and microbial complex ground vermicompost was a mixture of shells (tomato, lettuce, potatoes, bananas, fruit trees and red worm Californian).

As a result, it was observed a compost and vermicompost with suitable characteristics to be used as a fertilizer, in particular, the vermicompost which, in comparison, presented the best physical characteristics, pH and Cation Exchange Capacity.

**Keywords:** humus, compost, waste, capacity, vermicompost, cation exchange capacity.



## INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento económico en el que se halla el país ha conllevado a la apertura de nuevos y más grandes centros comerciales en los que en su mayoría, no se brinda un manejo adecuado a los Residuos Sólidos -RS-. Este aumento en el número de centros de comercio trae perjuicios para el medio ambiente por la falta de organización y educación en el manejo y clasificación de los residuos generados; ya que estos no son recuperados y, por el contrario son dispuestos en basureros a cielo abierto sin ningún proceso físico o químico que mejore su descomposición y ayude en la disminución de la contaminación ambiental.

El Gobierno Nacional le ha dado la responsabilidad a los municipios colombianos de formular **Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos -PGIRS-**, como medida para la erradicación de basureros a cielo abierto y así estimular el desarrollo de programas y proyectos que mitiguen los impactos ambientales y la salud pública ocasionados por un inadecuado manejo de los residuos sólidos.

Según lo planteado anteriormente se requieren alternativas que brinden una solución económica e inmediata para la adecuada gestión de residuos y desechos. Surge de allí que la elaboración de compost y lombricompost (los cuales brindan una opción ecológica, económica y eficiente para mejorar las condiciones medio ambientales y la final disposición de esta materia prima) se conviertan en una solución viable. A fin de determinar cuál es el mejor proceso como disposición final de los residuos orgánicos obtenidos, se plantea esta investigación con el objetivo de diseñar y evaluar alternativas técnicas para la recuperación y transformación de residuos orgánicos provenientes de locales comerciales, almacenes de cadena como Carrefour (actualmente Jumbo) y la zona de comidas ubicadas en el Centro Comercial Campanario, mediante procesos de compost y lombricompost con lombriz roja californiana.

## 1. MARCO REFERENCIAL

Teniendo en consideración el tema de investigación y la propuesta a trabajar, a continuación se da a conocer el desarrollo teórico y el marco de investigación de la misma:

### 1.1 RESIDUOS SÓLIDOS

Es importante la interpretación de los conceptos “residuo” y “desecho”, de equiparlos o distinguirlos, de presumir un valor potencial de aprovechamiento o recuperación en su definición, realizado esto de acuerdo con el ámbito y alcance de las normas que se apliquen.

“Los residuos sólidos existen desde los albores de la humanidad, como subproducto de la actividad de los hombres; su volumen y composición han cambiado de acuerdo con la evolución cultural y tecnológica. La forma más sencilla que encontró el hombre primitivo de disponer de los desechos fue arrojarlos en un sitio cercano a las afueras de las ciudades, cauces de los ríos, en el mar u ocultándolo mediante enterramiento naciendo de esta manera los botaderos a cielo abierto” (Hernández, 2010).

El primer intento de equiparar estos términos tuvo lugar en el Decreto 1713 de 2002 del Ministerio de Desarrollo Económico y el Ministerio de Medio Ambiente el cual establece: residuo sólido o desecho, es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final (Ministerio de Desarrollo Económico, 2002).

Con la expedición del Decreto 4741 de 2005, el Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Transporte, optó por mantener la igualdad entre los términos “residuo” y “desecho” para efectos de optimizar el control de la gestión y su manejo, estableciendo que residuo o desecho: es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentre en estado sólido o semisólido, líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula.

Sobre esta definición y para efectos del análisis propuesto, se destacan los siguientes elementos: Se consideran residuos o desechos, tanto a productos como a materiales, sustancias o elementos, significando esto que un residuo puede ser no sólo un producto de un proceso o una actividad, sino también un material o una sustancia no procesada,

que cumpla con la característica de haber sido descartado, rechazado o entregado por resultar inservible (MAVDT, 2007).

**1.1.1 Propiedades de los residuos sólidos.** Existen propiedades que los hacen peligrosos en su manejo y disposición, estas se dividen en dos categorías:

Propiedades que afectan la seguridad (corrosividad, explosividad, inflamabilidad, reactividad).

Propiedades que afectan la salud. (Infectividad, toxicidad, carcinogenicidad, irritabilidad, mutagenicidad, radioactividad).” (Santofimio, Díaz y Crespo, 2012).

**1.1.2 Recuperación de residuos sólidos.** La recuperación de recursos a partir de los residuos sólidos se convirtió en una alternativa para mitigar la contaminación ambiental, esta involucra una serie de actividades encadenadas que deben estar muy bien coordinadas para que su funcionamiento se dé en forma adecuada, entre ellas encontramos; recolección de residuos sólidos, separación en las fracciones utilizables, reincorporación de éstas fracciones al ciclo productivo mediante almacenamiento, venta del producto, reprocesamiento o la reutilización directa (Santofimio, Díaz y Crespo, 2012).

Es importante destacar la recuperación de residuos sólidos como parte del proceso de controlar la contaminación ambiental.

En Colombia muchas de estas actividades están en manos de diferentes actores sociales que usualmente no están coordinados entre sí y que hacen muy difícil que toda la cadena funcione adecuadamente, por ejemplo, los sistemas de recolección tienen como su objetivo el de recoger los residuos de la manera más económicamente posible prestando un buen servicio a la comunidad. Esto interfiere con la actividad realizada por parte de los recicladores los cuales deben competir con los recolectores para poder obtener el reciclaje. La reglamentación vigente, dada por el Decreto 605 de 1996 del Ministerio de Desarrollo prohíbe explícitamente que cualquier persona ajena a la entidad encargada de prestar el servicio de aseo urbano pueda acceder a los residuos una vez los productores los presentan en las calles para la recolección (Agudelo y Mercado, 2010).

El desarrollo y el crecimiento acelerado de la población en los últimos años, han aumentado de manera exponencial la producción de residuos. Hace 30 años, la generación de residuos por persona era de unos 200 a 500 gr/día, mientras que hoy se estima entre 500 y 1.000 gr/día. En países desarrollados esta cifra es dos a cuatro veces mayor. Pero el problema no radica solamente en la cantidad sino también en la calidad o composición que pasó de ser densa y casi completamente orgánica a ser voluminosa, parcialmente no biodegradable y con porcentajes crecientes de materiales tóxicos (Santofimio, Díaz y Crespo, 2012).

**1.1.3 Manejo de residuos sólidos.** No sólo se trata de recolectar y organizar los residuos sólidos, estos deben ser gestionados en parte del proceso del control.

La recolección tiene efectos importantes sobre la salud pública al ayudar esto en minimizar la proliferación de zancudos, cucarachas, ratas y moscas que transmiten enfermedades, y también mejora la apariencia estética de la población, sin embargo para continuar con el manejo integrado de los residuos sólidos es necesario manejarlos adecuadamente una vez se han recogido.” (Organización Panamericana de la Salud, 2011).

De esto se deriva, que el éxito de la recolección de los residuos sólidos implica una serie de pasos que permitan su mejor uso: “Las principales opciones para el manejo de los residuos sólidos una vez han sido recogidos son las siguientes: Disposición directa en el relleno sanitario o botadero, incineración (quemado), separación y aprovechamiento, combinación de las anteriores.” (Institución Educativa La Estación, 2012).

La opción más utilizada en Colombia, y en el mundo entero, es enterrar los residuos sólidos una vez han sido recogidos. Enterrar los residuos sólidos, si se hace adecuadamente, es una opción viable. Siempre habrá una fracción de los residuos sólidos que es necesario enterrar y por eso esa opción debe siempre tenerse en cuenta. Una segunda opción es la quema controlada, incineración, de los residuos sólidos, y ésta puede hacerse sobre éstos tal como se reciben, con una mínima separación, o luego de haber sido seleccionados. La incineración abre la posibilidad de generar energía a partir de los residuos y de reducir considerablemente la cantidad final de éstos que va al relleno sanitario, sin embargo, no está libre de problemas ambientales como la contaminación atmosférica y el manejo de las cenizas resultantes. Para ciertos residuos peligrosos, como los residuos infecciosos de los hospitales, la incineraciones una excelente alternativa. La tercera opción es la separación de los residuos en fracciones utilizables de diversas formas como: Re-uso directo e indirecto, materiales para manufactura o reprocesamiento, materiales para compostaje (generación de humus), materiales para la generación de energía, relleno en obras y recuperación de terrenos. (González, 2011).

Muchas veces, sin embargo, el manejo integrado de los residuos sólidos requiere la combinación de una serie de estas opciones. Por ejemplo, siempre debe haber un sitio de disposición final de los residuos, relleno sanitario, aunque se tengan programas de separación y recuperación, y/o incineración (Semarnat, 2007).

De acuerdo con decreto 1713 de 2002 que reglamenta la ley 142 de 1994, la ley 632 de 2000 y la ley 689 de 2001 en relación con la prestación del servicio de aseo público de aseo, genera la obligatoriedad de formular por parte de los municipios los PGIRS como una herramienta de gestión, constituido por una serie de objetivos, metas, programas, proyectos y actividades definidos por el ente territorial para la prestación del servicio de aseo y el manejo de los residuos sólidos. Siendo uno de los pilares la maximización de las oportunidades de aprovechamiento y la introducción de una serie de actividades

encaminadas a fomentar el reciclaje y a quienes ejercen esta actividad (Presidencia de la República, 2002).

## 1.2 COMPOSTAJE

La comprensión del ciclo de la vida y los materiales en los ecosistemas es fundamental, porque nos permite comprender los procesos que suceden en la elaboración de la composta, la cual se puede producir de muchas maneras, por ello no conviene reducir el compostaje a una receta y sí comprender lo que ocurre en su transformación. Se sabe que los hongos y las bacterias son descomponedores, pero su trabajo es muy lento si no se cuenta con el accionar de los artrópodos del suelo (ácaros, pequeños insectos, crustáceos) que se encargan de desmenuzar los materiales (hojas por ejemplo) aumentando la superficie de ataque para los descomponedores, o bien utilizando herramientas como las moledoras (Ortiz, s.f.).

Los procesos de descomposición de la materia orgánica dependen de factores como la corriente del detrito, la cual consiste en que cada una de las partículas resultan de la descomposición de una roca o de otro cuerpo; se caracteriza por tener pocos predadores y un conjunto de organismos que comen lo que otros desechan o defecan, formando una masa orgánica con partículas cada vez más pequeñas y más enriquecidas con enzimas originadas tanto en los tubos digestivos de los artrópodos mencionados como por el aporte simultáneo de las enzimas digestivas de los hongos, actinomicetos y bacterias.

Esta masa se degrada en condiciones naturales adecuadas de humedad y temperatura en lapsos de 6 a 9 meses. Los procesos de descomposición no conducen como muchos a la mineralización de la MO, sino que ésta inicialmente se desestabiliza, simplifica, pero luego se re-sintetiza conformando un compuesto nuevo; la composta resultante es bastante estable al paso del tiempo (humus), que alberga y retiene en forma de quelatos, las sales minerales, las cuales ya no se disuelven en el agua, por lo que no se lixivian; el humus, aún aplicado en exceso, no acarrea problemas, solo beneficios.” (Ortiz, s.f.).

**1.2.1 Materiales para elaborar una composta.** Para elaborar una composta es necesaria la utilización de compuestos de origen orgánico, son estos, desechos Vegetales, hojas secas, desperdicio de podas, desperdicios de frutas, desperdicios de cocina, desperdicios de cosechas (Ortiz, s.f.).

**Desechos vegetales:** estos desechos se recomienda que sean el ingrediente principal de la composta, (de 50 a 70% en volumen), pero mientras más variedad de materiales vegetales, mejor la diversidad y asimilabilidad de los nutrientes, entre ellos hojas secas, tallos secos (Equipo de los indios del CEB, s.f.).

**Desechos vegetales de árboles:** viruta, aserrín, cartón, corteza de árboles que se obtienen en los aserraderos, etc. Por tener una relación carbono/nitrógeno demasiado alta

(hasta 200/1), es recomendable solo en pequeñas cantidades, máximo un 10% del volumen y debe complementarse con materiales que contengan una relación C/N muy baja como desechos de cultivos de leguminosas (Secretaría del Medio Ambiente, 2010).

**Abonos y orina de cualquier especie:** vacas, borregos, chivos, gallinas, conejos, etc. (de preferencia no utilizar materia fecal humana, pues requieren de un tratamiento térmico especial para asegurarse la inocuidad de la composta y contienen sal en exceso), harina de sangre, harina de pescado o gallinaza (Equipo de los indios del CEB, s.f.).

**Abono de bovinos:** también es necesaria la utilización de tierra, aunque no más de un 10% del volumen total de la composta, ésta permite la formación del complejo (Ortiz, s.f.).

**Humus-arcilla:** tales como cenizas volcánicas, arena de construcción y en proporciones no mayores de un 10%, cenizas de cultivos y/o cachaza de caña (Ortiz, s.f.).

En las zonas pesqueras es recomendable el uso de desechos de pescado (huesos), los cuales se recomienda pasen por un proceso de incinerado, estos aportan una gran cantidad de calcio y fósforo (Ortiz, s.f.).

Otros componentes a usar son: sangre seca de cualquier animal como un aporte importante de nitrógeno, roca fosfórica, cal, carbón, melaza, agua como componente indispensable para dar vida todos los seres que existen en la composta y la tierra aunque nunca se debe usar en más de un 10% del volumen total de la composta, ésta permite la formación del complejo humus-arcilla (Infoagro, 2012).

Mientras mayor sea la cantidad de ingredientes que se utilicen en la composta, mayor será la diversidad de los nutrientes y en este sentido mejor la composta. Una vez que se ha elaborado una composta, puede utilizarse un poco de la misma composta para inocular una nueva composta (Ministerio del Medio Ambiente, 2000).

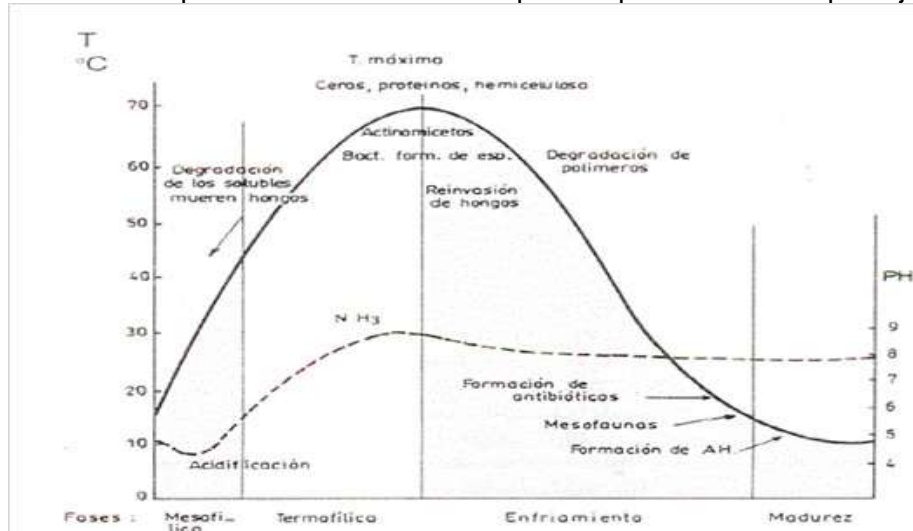
### **1.3 ETAPAS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE**

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro etapas: mesofílica, termofílica, de enfriamiento y de maduración, atendiendo a la evolución de la temperatura; de acuerdo con el rango de temperatura en el que operan son denominados Psicofílicas (entre -18 y 18° C), Mesofílicas (entre 5 y 43° C), termofílica (entre 40 y 93° C) (Orosco y Soria, 2008) (Ver figura 1).

**1.3.1 Etapa Mesofílica.** “La descomposición inicial en esta etapa es realizada en un inicio por microorganismos mesofílicos (se desarrollan en temperaturas entre 5 - 43°C),

que rompen rápidamente los compuestos solubles fácilmente degradables. El calor que produce causa un aumento rápido de la temperatura del compost” (Porras, 2011).

Figura 1. Curva temperatura en diferentes etapas del proceso de compostaje



Fuente. Dalzell et al., 1981.

“Al comenzar el proceso predominan las bacterias mesofílicas que en general corresponden a (*Pseudomonas*, caracterizadas por su diversidad metabólica, *Bacillus*, *Thiobacillus* y *Enterobacter*, bacterias celulolíticas). El número de actinomicetos en esta etapa del proceso permanece relativamente bajo, debido a la actividad metabólica de los microorganismos la temperatura aumenta hasta 40°C, el pH disminuye desde un valor neutro (5.5 – 6), debido a la descomposición de lípidos y glúcidos en ácidos pirúvicos y de proteínas en aminoácidos, lo que favorece la aparición de hongos mesofílicos más tolerantes a las variaciones del pH y humedad. En esta etapa la relación C/N es de especial importancia puesto que el carbono aporta la energía a los microorganismos y el nitrógeno es esencial para la síntesis de nuevas moléculas, por ello la relación debe oscilar alrededor de 30, si se supera esta relación la actividad biológica disminuye, mientras que con relaciones superiores de N provoca un agotamiento rápido de oxígeno y al igual que el sol puede secar demasiado la pila, su exceso se perderá en forma de amoníaco actuando como agente tóxico en la población bacteriana disminuyéndola. El olor en esta etapa es a frutas, verduras y hojas frescas.

La humedad y ventilación del compostaje son esenciales para maximizar la actividad microbiana y por consiguiente el proceso en general. La primera se debe mantener siempre entre 40-60% y la ventilación debe ser adecuada sobre todo en las tres primeras etapas del proceso, por ello se debe realizar una adecuada selección inicial de residuos dado que el tamaño de las partículas, ya que estos pueden ser excesivamente grandes o pequeños y la ventilación podría obstruirse en algunos sectores formando caminos preferenciales y dejando así algunas zonas en ausencia de oxígeno.” (O’ryan y Riffo, 2007).

**1.3.2 Etapa Termofílica.** Cuando se alcanza una temperatura por encima de 40°C, los microorganismos mesofílicos se vuelven menos competitivos y son remplazados por los termofílicos (se desarrollan en temperaturas entre 40 y 93°C), en esta fase, las altas temperaturas favorecen el desarrollo de organismos (bacterias, fundamentalmente del grupo de los *actinomyces*) cumpliendo en el compost un rol fundamental con la degradación de compuestos orgánicos capaces de degradar moléculas más complejas como proteínas, ácidos grasos y polisacáridos (celulosa, hemicelulosa) quitina y lignina las cuales se constituyen en las principales moléculas estructurales de las plantas (Coello, 2006).

La temperatura continúa ascendiendo hasta llegar a 75°C y trae como efecto la muerte de algunas poblaciones de bacterias y hongos, mientras que otros permanecen en estado de dormancia, en estas condiciones las bacterias termofílicas, actinomicetos y hongos termofílicos encuentran su ambiente óptimo, generando incluso más calor que los mesófilos. La degradación de los ácidos obtenidos en la etapa anterior provoca el incremento del pH pasando desde 5.5 hasta 7.5 donde permanecerá casi constante hasta el final del proceso. El color del compost se pone más oscuro paulatinamente y el olor original se comienza a sustituir por olor a tierra. Es en esta etapa cuando comienza la esterilización del residuo debido a las altas temperaturas, donde la mayoría de las semillas y patógenos como *E. Coli* mueren al estar sometidos por días a temperaturas superiores a 55°C. (Coello, 2006).

**1.3.3 Etapa de Enfriamiento.** Una vez que los nutrientes y energía comienzan a escasear, la actividad de los microorganismos termofílicos disminuye, consecuentemente la temperatura en la pila desciende desde los 75°C hasta la temperatura ambiente, provocando la muerte de estos microorganismos y la reaparición de organismos mesofílicos los cuales al alcanzar nuevamente una temperatura promedio entre 40-45°C finalizaran el proceso hasta que toda la energía sea utilizada (Porras, 2011).

**1.3.4 Etapa de maduración.** En esta etapa la temperatura se estabiliza y el pH tiende a neutro (7.0), si el compost tiene pH ácido no está maduro, los actinomicetos complementan esta etapa con la formación de ácidos húmicos (productores de antibióticos inhibidores de crecimiento de bacterias y patógenos) y los macroorganismos (nematodos, rotíferos, escarabajos, lombrices etc.) incrementan su actividad removiendo, excavando, moliendo, masticando y en general rompiendo materiales para permitir el acceso de los microorganismos. El color del producto final debe ser negro o marrón oscuro y su olor a tierra de bosque, además ya no debemos reconocer los residuos iniciales.

El volteo ayuda a mantener la concentración de oxígeno, porosidad, temperatura y humedad uniforme en toda la pila de residuos; esto debido a que los materiales próximos a la superficie tienden a recibir mayor aporte de oxígeno pero alcanzan menos temperatura, mientras que los materiales del interior poseen menor porosidad debido a la presión de los materiales que les rodean y alcanzan mayor temperatura y humedad (Porras, 2011).



## 1.4 MICROORGANISMOS EN EL COMPOST

El compostaje es un proceso biooxidativo que ocurre gracias a reacciones microbianas que se realizan bajo condiciones óptimas durante un periodo determinado y relativamente corto. Durante el proceso se llevan a cabo complejos ciclos variando en estos el número de microorganismos descomponedores de la materia orgánica (Jaramillo y Zapata, 2008).

A continuación se describen los microorganismos más importantes que intervienen en el proceso de compostaje:

**1.4.1 Biología del compost.** En un gramo de composta hay más de 10 millones de microorganismos entre ellos consumidores primarios, secundarios y terciarios.

“Los consumidores primarios: son organismos que se nutren de residuos orgánicos (bacterias, hongos, nematodos, lombrices de tierra, gusanos blancos, ciempiés, gorgojos, babosas, caracoles).

Los consumidores secundarios son organismos que comen consumidores primarios (gusanos chatos del suelo, nematodos, cucarachas aladas, gorgojos, rotíferos, protozoos).

Los consumidores terciarios son organismos que se alimentan de consumidores secundarios (hormigas, escarabajos, ciempiés, cucarachas)” (Peña, et. al., 2002).

Según la importancia de algunos organismos, se describe a continuación su función:

**Bacterias:** representan el 80 a 90% de microorganismos típicamente presentes en el compost, estas son responsables de la mayor parte de la descomposición y de la generación de calor, puesto que abarcan diversas categorías nutricionales y usan un amplio rango de enzimas para romper químicamente una gran variedad de material orgánico. La población inicial está compuesta por miembros del género *Bacillus*, un grupo con capacidad de degradar proteínas y por *actinomyces*. La cantidad de *Bacillus* es regularmente alta entre los 50° y 55°C pero decrece dramáticamente por arriba de los 60°C cuando las condiciones se vuelven desfavorables en este momento estas bacterias sobreviven formando endosporas y se activan nuevamente cuando las condiciones vuelven a ser favorables. A las mayores temperaturas del compost se han aislado termófilas extremas como las bacterias del género *Thermus*. Algunas especies aparecen en la fase termofílica y otras se vuelven importantes en la etapa de enfriamiento o maduración cuando sólo quedan los materiales más resistentes y participan en las últimas etapas de formación del humus. Los *actinomyces* son los responsables del olor a tierra en la fase final del compost. Forman filamentos ramificados como telaraña que suelen verse en la parte superior de la pila en las etapas finales (CONACYT, 2010).

**Hongos:** incluyen a organismos filamentosos y las levaduras, típicamente saprofitas (obtienen la energía de la materia orgánica de las plantas y animales muertos) y aeróbicos (encuentran un hábitat ideal en el compost). Las especies fúngicas son numerosas tanto en las fases mesofílicas como en la termofílica, en estas etapas los hongos crecen como filamentos casi invisibles como colonias blancas o grises vellosas en la superficie de la pila, son responsables de la descomposición de polímeros complejos (celulosa, hemicelulosas, pectinas, lignina). En el compost son importantes porque rompen los restos vegetales y animales permitiendo que las bacterias continúen con la descomposición una vez que la celulosa se ha agotado. Pueden atacar material demasiado seco, ácido o con bajo contenido de nitrógeno de difícil descomposición por las bacterias (Peña, et. al., 2002).

**Protozoos y rotíferos:** estos animales microscópicos unicelulares (protozoos) o multicelulares (rotíferos) se encuentran en la película de agua en el compost, se alimentan de materia orgánica, bacterias y hongos y su participación en la descomposición del material es mínima (CONACYT, 2010).

## 1.5 HUMUS

Es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos benéficos (hongos y bacterias). Se caracteriza por su color negro debido a la gran cantidad de carbono que contiene (Peña et. al., 2002).

Los elementos orgánicos que componen el humus de lombriz son muy estables, es decir, su grado de descomposición es tan elevado que ya no se descomponen más y no sufren transformaciones considerables (Wikipedia, 2013).

Al ser un producto natural, este se adapta a cualquier tipo de cultivo. El incremento de la calidad estructural del suelo y presencia de ácidos húmicos y fúlvicos que mejoran las condiciones del suelo (esto hace que el suelo retenga la humedad y estabilizan el pH) se consideran entre las principales ventajas que este abono tiene (Meléndez, 2003).

Existen dos tipos de humus, el humus viejo y el humus joven:

**Humus viejo:** como consecuencia del largo tiempo transcurrido, presenta un color entre morado y rojizo, contiene huminas y ácidos húmicos. Este tipo de humus solo influye físicamente en los suelos, reteniendo el agua e impidiendo la erosión (Peña et. al, 2002).

**Humus joven:** es el que recién se ha conformado, por tanto, posee un menor grado de polimerización y está compuesto por ácidos húmicos y fúlvicos.

Entre los aportes que el humus brinda, se cuentan los siguientes: Hace más sencillo el labrado de la tierra, evita la formación de costras o la compactación (agregando partículas y esponjando el suelo, mejorando por tanto su estructura), ayuda a la retención del agua (no ocurre lavado y pérdida en profundidad), aumenta porosidad del suelo, regula la nutrición vegetal (aportando nutrientes minerales lentamente), mejora la asimilación de abonos minerales, produce gas carbónico, aporta microorganismos útiles al suelo, mejora la resistencia de las plantas (Labrador, 2008).

El humus tiene otros beneficios menos estudiados pero muy interesantes: Produce activadores del crecimiento que las plantas pueden absorber para favorecer la nutrición y resistencia, vitaminas, reguladores de crecimiento (auxinas, giberelinas, citoquininas) y sustancias con propiedades de antibióticos (Flores, 2012).

## **1.6 LOMBRICULTURA**

Consiste en el cultivo intensivo de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en residuos orgánicos aprovechados como abono para cultivos agrícolas a fin de obtener humus el cual es el mayor estado de descomposición que puede alcanzar la materia orgánica siendo este un abono de excelente calidad (Florez, 2012).

El manejo de la lombriz roja es muy sencillo, ya que su alimento son desechos orgánicos tales como; estiércoles de animales y vegetales sobrantes de los cultivos. La lombriz es un anélido hermafrodita perteneciente a los anélidos, del grupo de los oligoquetos. De acuerdo a su hábitat las especies conocidas se dividen en dos grandes grupos: las lombrices silvestres o comunes y las lombrices domésticas, entre las que se encuentra la lombriz roja californiana (Legall, Dicovski y Valenzuela, s.f.). La Lombriz Roja (doméstica) se puede criar en cautiverio y se considera apropiada su explotación, puede llegar a multiplicarse hasta 512 veces en el transcurso de la vida activa, mucho más que una lombriz silvestre que solo consigue multiplicarse de 4 a 6 veces (Carter, 1999).

## **1.7 LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA**

La lombriz roja californiana es una de las muchas variedades de lombrices obtenidas mediante cruces para su empleo en lombricultura, la especie es *Eisenia foetida* de la familia *lumbricidae*, Se llama californiana porque fue en California donde se empezó a prestar atención a su efecto beneficioso para el mantillo del suelo, pueden ser criadas en cualquier lugar donde la temperatura no supere los 40°C, siendo los climas templados los ideales para su reproducción (Díaz et. al, 2008).

Las lombrices adultas pesan de 0,24 hasta 1,4 gramos, comiendo una ración diaria que tiende a su propio peso, de ello, un 55% se traduce en abono, lo que hace muy interesante en su caso la lombricultura (Quiroz, Minda y Govea, s.f.).

A continuación se describen las principales características de la lombriz roja a fin de entender un poco la labor que cumplen en el suelo:

**1.7.1 Clasificación taxonómica de la lombriz.** *Eisenia foetida* es una especie de lombriz de tierra del género *Eisenia*, perteneciente a la familia *umbricidae*, del orden de los haplotáxidos, perteneciente a su vez a la subclase de los oligoquetos, su clasificación taxonómica es (Wikipedia, 2013):

Reino	Animalia
Filo	Annelida
Clase:	Clitellata
Subclase	Oligochaeta
Orden	Haplotaxida
Familia	Lumbricidae
Género	<i>Eisenia</i>
Especie	<i>E. foetida</i>
Nombre binomial	<i>Eisenia foetida</i>

### 1.7.2 Anatomía de la lombriz.

**Características externas:** Posee el cuerpo alargado, segmentado y con simetría bilateral. Existe una porción más gruesa en el tercio anterior de 5 mm de longitud llamada clitelium cuya función está relacionada con la reproducción. Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 días ya se parecen a las adultas siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse (Villalba, s.f.).

**Características internas:** Entre las partes anatómicas internas de la lombriz (ver figura 2) se pueden citar:

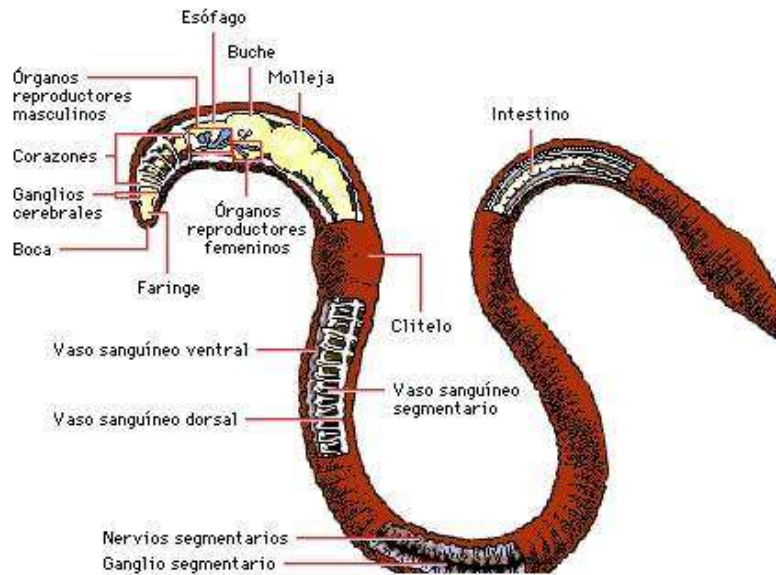
**Cutícula:** es una lámina muy delgada de color marrón brillante, quitinosa, fina y transparente (Barbado, 2004).

**Epidermis:** situada debajo de la cutícula, es un epitelio simple con células glandulares que producen una secreción mucosa. Es la responsable de la formación de la cutícula y del mantenimiento de la humedad y flexibilidad de la misma (Barbado, 2004).

**Capas musculares:** Tiene dos, una circular externa y otra longitudinal interna (Villalba, s.f.).

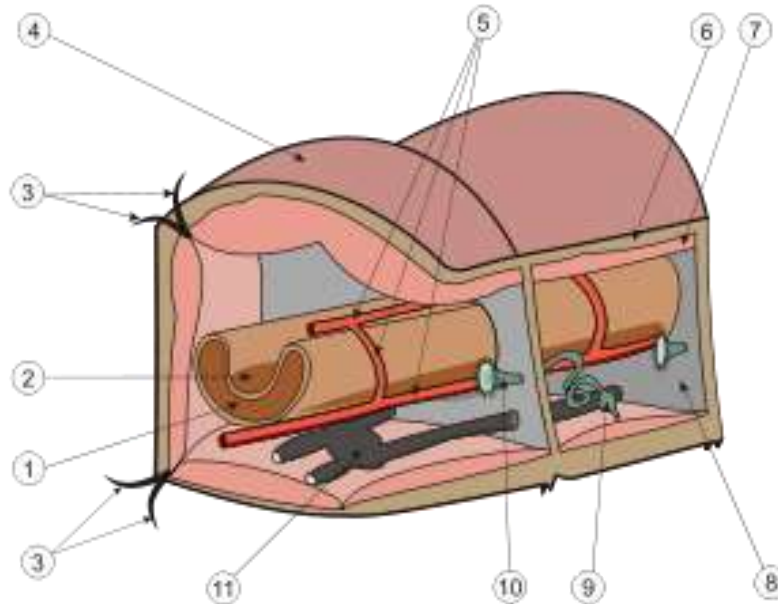
**Peritoneo:** Es una capa más interna y limita exteriormente con el celoma de la lombriz (Barbado, 2004).

Figura 2. Anatomía externa e interna de lombriz roja Californiana



Celoma: Son cavidades que contienen líquido celómico y se extienden a lo largo del animal, se encuentra dividida por septos transversales (segmentos) los cuales actúan como un esqueleto hidrostático. La cavidad en general se encuentra llena de un fluido en la cual residen suspendidos el intestino y otros órganos (ver figura 3).

Figura 3. Diagrama Anatómico de un Oligoqueto



1-lumen intestinal. 2-tiflosolio. 3-quetas. 4-cutícula. 5-vasos sanguíneos. 6-musculatura circular. 7-musculatura longitudinal. 8-septo-metamérico. 9-vesícula metanefridial. 10-metanefridio. 11-ganglio nervioso ventral metamérico.

Los oligoquetos tienen típicamente un celoma espacioso que es usado como hidroesqueleto, cada tabique, separado por un segmento del cuerpo incluye una porción de los sistemas nervioso y circulatorio, permitiendo que cada segmento (metámero) funcione de manera relativamente independiente, Cada metámero puede ser palpable externamente por anillos, cada uno de los cuales tiene una capa externa (una delgada cutícula y epidermis con abundantes células productoras de moco) y, por debajo, una capa de músculo circular sobre una de músculos longitudinales, que son las responsables de los movimientos peristálticos con que se desplaza el animal (Centro Universitario de la Región Este, 2013).

**Aparato circulatorio:** Formado por vasos sanguíneos, las lombrices tienen dos vasos sanguíneos, uno dorsal y otro ventral, posee también otros vasos y capilares que llevan la sangre a todo el cuerpo. La sangre circula por un sistema cerrado constituido por cinco pares de corazones (Barbado, 2004).

**Aparato respiratorio:** es primitivo, el intercambio de oxígeno se produce a través de la pared del cuerpo (Villalba, s.f.).

**Sistema digestivo:** en la parte superior de la apertura bucal se sitúa el prostomio con forma de labio. Las células del paladar son las encargadas de seleccionar el alimento que pasa posteriormente al esófago donde se localizan las glándulas calcíferas, estas glándulas segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH, luego se encuentra el Buche, donde el alimento queda retenido para dirigirse al intestino (Rodríguez, s.f.).

**Aparato excretor:** Formado por nefridios, dos para cada anillo. Las células internas son ciliadas y sus movimientos permiten retirar los desechos del celoma (Rodríguez, s.f.).

**Sistema nervioso:** es ganglionar. Posee un par de ganglios supra-esofágicos, de los que parte una cadena ganglionar (Villalba, s.f.).

**1.7.3 Fisiología de la lombriz.** El aparato digestivo comienza en la boca y puede ser reversible, en la parte superior de la apertura bucal se sitúa el prostomio con forma de labio, las células del paladar son las encargadas de seleccionar el alimento que pasa posteriormente al esófago donde se localizan las glándulas calcíferas, estas glándulas segregan iones de calcio y contribuyen a la regulación del equilibrio ácido-básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH, sigue la faringe, abundante en fibras musculares capaz de producir una gran succión (forma de alimentación típica de las lombrices de tierra). A continuación se encuentra el estómago (formado por buche y molleja), el intestino, el recto y el ano. El intestino posee un surco mediano dorsal denominado tiflosolio que incrementa la superficie de absorción. La mayoría de oligoquetos se alimentan de materia orgánica en descomposición, hojas caídas y vegetación (Tenecela, 2012).

En la superficie externa del intestino y rodeando el vaso sanguíneo dorsal, se encuentra el tejido cloragógeno, propio de oligoquetos. Éste está constituido por células peritoneales modificadas (células cloragógenas), y cumple una función análoga a la que realiza el hígado en otros grupos animales, a saber, sintetiza y almacena glucógeno y grasas.

Los metanefridios eliminan los desechos del metámero, los oligoquetos acuáticos excretan amonio mientras que los terrestres excretan urea, mucho menos tóxica (Wikipedia, 2013).

**1.7.4 Reproducción.** La lombriz vive en promedio 16 años, durante los cuales se acopla regularmente cada 7 días si la temperatura y la humedad del medio son de su agrado, la lombriz roja alcanza su madurez sexual a los 3 meses de edad (cada lombriz está dotada de un aparato genital masculino y de un aparato genital femenino), es hermafrodita incompleta por lo que no está en condiciones de auto fecundarse, como resultado del acoplamiento de dos lombrices, se producirán dos huevos o cápsulas (uno de cada lombriz). Estas cápsulas se abrirán al cabo de 12 a 21 días, según la temperatura del medio donde se ubiquen (Quiñonez, s.f.).

Al nacimiento las crías rompen la envoltura que ha cambiado a un color más oscuro, de un huevo pueden nacer entre 2 y 21 pequeñas lombrices, esto depende del manejo que se le esté dando al lombricultivo (alimentación, acidez del medio, humedad, temperatura, etc.) (Tenecela, 2012).

Las condiciones del medio deben ser óptimas, ya sea para la producción del humus, o para la actividad sexual. Una buena temperatura del medio inmediato oscila alrededor de 19-20°C, los climas templados, como el de la zona cafetera son los ideales para el cultivo de la lombriz. Así mismo es muy importante el manejo que se le dé al lombricultivo como es una comida idónea, agua de calidad y en cantidad necesaria (Sánchez y Viera, 2012).

Dos lombrices pueden producir, cada una, en condiciones normales unas 1.500 lombrices al año (ver figura 4), por lo tanto una pareja dará lugar a unas 3.000 lombrices en su vida. Con un buen manejo, cada pareja se apareara semanalmente. Cada 14 días emergerán de las cápsulas maduras 20 lombrices en promedio (Quiñonez, s.f.).

Desde el mismo momento de su nacimiento, las lombrices son autosuficientes, comen solas y solo necesitan que el sustrato donde se encuentran sea lo suficiente húmedo y tierno para ser perforado por su minúscula boca (Tenecela, 2012).

**Reproducción sexual:** “Los oligoquetos son hermafroditas proterándricos (las gónadas masculinas maduran antes que las femeninas), por lo que no pueden auto fecundarse y necesitan aparearse, las gónadas se encuentran ubicadas en clítelos. Los gametos son evacuados al celoma y salen al exterior por los gonoductos (oviductos y espermiductos),

generalmente presentan uno o dos pares de espermatecas (receptáculos donde se almacenan espermatozoides durante la cópula).” (Wikipedia, 2013).

Figura 4. Ciclo reproductivo de la lombriz



“La mayoría de oligoquetos tienen fertilización externa (aunque en la familia africana de los *Eudrilidae* es interna). En el apareamiento, dos individuos se acoplan ventralmente y en sentido opuesto y el clitelo segrega una sustancia mucosa que facilita que los espermatozoides de cada individuo recubiertos por una cápsula quitinosa (tecocisto) pasen entonces a las espermatecas del otro individuo; hay por tanto, intercambio mutuo de espermatozoides, actuando los dos individuos como macho.

Tras la cópula, el clitelo segrega una sustancia que se coagula en contacto con el aire y forma un capullo gelatinoso en forma de anillo que se desplaza con los movimientos del cuerpo, primero pasa por los gonoporos (femeninos) donde recoge los óvulos y posteriormente por las espermatecas donde recoge los espermatozoides y se produce la fecundación. El capullo es luego depositado en el suelo o el limo. Su desarrollo es directo, no pasando por una larva (trocófora). La eclosión se retarda más cuanto más baja es la temperatura (de uno a cuatro meses), y lo mismo ocurre con la madurez sexual de los jóvenes (entre 6 y 10 meses).” (Vásquez, 1999).

En las formas más primitivas el modo normal de reproducción es la asexual, siendo la sexual una excepción, no obstante, dada la gran capacidad de regeneración, todos los oligoquetos pueden multiplicarse asexualmente por escisiparidad (forma de reproducción asexual en la que esta función se lleva a cabo por fisión o escisión del individuo progenitor en dos o más partes). El crecimiento en muchos grupos ocurre por la duplicación de unidades segmentarias individuales (Wikipedia, 2013).



## 1.8 LOMBRICARIO

Con la finalidad de obtener los mejores resultados en la construcción de un lombricario es importante tener disponibilidad, ubicación, cantidad y calidad de agua y alimentos, materiales de construcción adecuados y pie de cría (Montes de Oca y Ruiz, 2004).

Dada la necesidad de espacio para un lombricario existen diferentes opciones con las que se obtienen similares resultados:

**1.8.1 Lombricario vertical.** Para su construcción se utilizan dos recipientes plásticos de 20 litros, uno va a servir recolector de humus líquido y el otro de lombricario (ver figura 5). La idea básica es instalar algunos pisos adicionales (tres o cuatro pueden ser suficientes) para colocar en ellos desechos orgánicos sobre los cuales las lombrices trabajen para convertirlo posteriormente en humus y que ellas mismas pasen a través de una rejilla a los agujeros a los pisos superiores cuando ya hayan digerido el material completo (Montes de Oca y Ruiz, 2004). En la figura 5, se muestra los tipos de balde de 20 litros a utilizar y su disposición en la creación de un lombricario vertical.

Figura 5. Lombricario vertical



**1.8.2 Lombricario de cajones.** Especial para departamentos o casas sin patio. Se utilizan cajones de madera o de polietileno (con orificios en el fondo) de 1 metro de ancho x 70 cm de profundidad, de largo aproximado de hasta 2 metros. No requiere un acondicionamiento previo. Primero se coloca las lombrices en un extremo del cajón y se le empieza a suministrar diariamente alimento (ver figura 6) (Montes de Oca y Ruiz, 2004).

Los residuos se deben cubrir, ya sea con malla o con una capa de tierra para evitar la presencia de moscas y otros insectos (no se recomienda el uso de tierra por generar pérdida en la calidad posterior, si se va a utilizar, que ésta sea de menos de 1 cm de grosor) (Alcolea y González, 2000).

Figura 6. Posible disposición espacial para lombricario en cajones



Una vez saturado el primer cajón, se toma otro empleando para la siembra de lombrices algunos ejemplares del primer cajón. (Los cajones no deben estar expuestos a pleno sol ni a la voracidad de los pájaros) (Alcolea y González, 2000).

Cuando el producto resultante se transforme en una masa oscura las lombrices deben ser retiradas. Para ello se las debe dejar unos días sin alimento. Seguidamente se extiende sobre el medio de cría una capa de 5 cm. de los residuos orgánicos disponibles en ese momento. Pasados unos días las lombrices suben a comer y pueden ser extraídas (Rodríguez, s.f.).

**1.8.3 Lombricario en Suelo.** Recomendado para personas que tengan un espacio acorde a la situación y, al mismo tiempo, que quieran producir mayor cantidad de vermicompost. Se mantienen las mismas bases que para la cría en cajón, eso sí, el hacerlo en el suelo las protege más de la temperatura. Un punto negativo de este tipo de lombricario es el hecho de que si no están bien cuidadas algunas lombrices comunes podrían pasar a la cama de lombrices y el mezclar especies disminuyendo el rendimiento (ver figura 7) (Montes de Oca y Ruiz, 2004).

Figura 7. Lombricario en suelo



Lo más conveniente es controlar la temperatura sobre todo si disminuye cerca de los 14° C. Los aportes de materia orgánica se incrementarán en la superficie y se cubrirán las camas con mallas. Durante la estación invernal los alimentos se colocarán en la superficie del lecho cada 14 días en capas de 10 cm. de espesor; puesto que las lombrices no se alimentan de sustancias orgánicas totalmente frías (Zuluaga, 2013).

## **2. METODOLOGÍA**

Posterior a la base teórica se estableció la metodología en diferentes etapas, las cuales permitieron recoger la información necesaria y desarrollar los análisis en el proceso de cultivo de la lombriz:

### **2.1 PRIMERA ETAPA**

Durante esta etapa se realizó una caracterización de los residuos producidos por los locatarios del Centro Comercial Campanario en la ciudad de Popayán, realizando el siguiente procedimiento:

Recorrido de todos los locales ubicados en el centro comercial, esto se realizó con la empresa de aseo INDUASEO, la cual estableció una ruta específica para clasificar y aforar los residuos generados de forma más ordenada.

Con la información obtenida se logró calcular el índice de incremento de residuos generados desde el año anterior, dimensionando y diseñando el proceso de compostaje y recuperación de los residuos orgánicos.

### **2.2 SEGUNDA ETAPA**

Una vez diseñado el modelo de compostaje se procedió a evaluar su eficiencia en tiempo y en calidad del compostaje producido. Para ello se emplearon doce pilas de compost constituidas de diferentes mezclas según fueron los residuos encontrados luego de la caracterización y aforo. El compost tuvo como base la siguiente estructura: Residuo vegetal + complejo microbiano y tierra.

Las pilas fueron dispuestas en un área experimental en el marco de un diseño completamente al azar 4 x 3, donde 4 fueron los tratamientos comprendidos por las pilas para composta y 3 las repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes:

T1= Residuo vegetal (80%) + tierra negra (20%).

T2= Residuo vegetal (60%) + tierra negra (40%).

T3= Residuo vegetal (80%) + microorganismos ruminales, (500 ml) y tierra negra (15%).

T4= Residuo vegetal (80%) + microorganismos ruminales, (1000 ml.) y tierra negra (10%).

Como variables se evaluaron: tiempo de compostación (al final del proceso), pH (cada 15 días), temperatura alcanzada (diaria) y composición nutricional (al final del proceso).

**2.2.1 Transformación a compost.** Con la caracterización de los residuos orgánicos e inorgánicos obtenidos en el Centro Comercial Campanario, se trasladaron los residuos aptos para ser compostados a un sitio previamente adecuado (con condiciones de sombra).

Con la ubicación de los residuos en el lugar adecuado, se procedió a hacer una pila donde fue ubicado todo el material para composta, este fue mezclado a fin de homogenizar la muestra para que los diferentes tratamientos estuvieran compuestos por los mismos materiales (ver figura 8).

Figura 8. Pila de residuos orgánicos mezclados



Los microorganismos eficientes que se utilizaron en el tratamiento, se obtuvieron por medio de la alcaldía municipal y la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) los cuales fueron preparados por ellos mismos para su uso y venta. La composición se muestra a continuación (figura 9).

Hay que mencionar que la temperatura de la pila se tomaba diariamente con un termómetro bimetálico Mengte<sup>1</sup> (ver figura 10) el cual esta graduado para temperaturas de -10° a 110°C.

El pH por su parte se midió con cinta para pH (ver figura 10) y su medición se realizaba cada 3 o 4 días.

---

<sup>1</sup>Termómetro Bimetálico Mengtees un dispositivo para determinar la temperatura que aprovecha el desigual coeficiente de dilatación de dos láminas metálicas de diferentes metales unidas rígidamente.

Figura 9. Tabla composición microorganismos eficientes

ALCALDÍA DE POPAYÁN		GA 210							
UNIDAD DE ASISTENCIA TÉCNICA AGROPECUARIA		Versión: 04							
		Página 1 de 1							
RUMEN									
REGISTRO PROCESO MICROBIOLÓGICO									
CONTRATISTA ENCARGADO: <u>Diana Jepsa Salazar</u>									
FECHA	INGREDIENTE	CÓDIGO	pH	VOL.	PESO	VOLUMEN TOTAL	LUGAR DISPOSICIÓN	RESPONSABLE	DESTINO
22 Jun 12	Miel de Azúcar				5kg		Caneca # 10	Diana Jepsa S.	Matadero Municipal
	Rumén				1kg		Caneca # 10		
	EM # 1			2L			Caneca # 10		
	Agua			80L			Caneca # 10		
						100L			
21 Jun 12	Miel de Azúcar				5kg		Caneca # 5	Diana Jepsa S.	Matadero Municipal
	Rumén				1kg		Caneca # 5		
	EM # 1 2L			2L			Caneca # 5		
	Agua			80L			Caneca # 5		
						100L			
05 Sep	miel pura				4kg		caneca # 5	Libardo Omeu	
	agua			70L		100L	caneca # 5	Libardo Omeu	

Figura 10. Termómetro Mengte y cinta medidora de pH utilizadas para control de variables



**2.2.2 Transformación a lombricompost.** Una vez diseñado el modelo de transformación a lombricompost se procedió a evaluar su eficiencia en tiempo y en calidad del lombricompost producido. Para ello se emplearon doce camas de lombriz constituidas de



diferentes mezclas y tamaños, según fueron los residuos (cáscaras y otros) encontrados luego de la caracterización y aforo.

Las camas de lombriz fueron dispuestas en un área experimental en el marco de un diseño factorial completamente al azar 2 x 2 x 3, donde 2 fueron las mezclas de residuos empleados, 2 el tamaño de los residuos y 3 las repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes:

- T1 = Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga
- T2 = Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales
- T3 = Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga
- T4 = Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de papa, plátano, frutales

Como variables se evaluaron:

- Incremento de biomasa de lombriz (cada semana).
- Tasa de degradación de los residuos (cada semana).
- Tiempo transformación (determinado al final del proceso).
- Composición nutricional (al final del proceso).

Para construir las camas se tomaron 2 esterillas de 6 metros cada una y se ubicaron paralelamente dejando un espacio de 1 metro entre ellas donde se ubicaron las lombrices, se cubrió con plástico para evitar la fuga de las lombrices (ver figura 11).

Figura 11. Construcción de camas para lombrices



Teniendo listas las camas se procedió a cubrir con una capa de compost antes de ubicar las lombrices a fin de mejorar las nuevas condiciones medio ambientales (ver figura 12).

Figura 12. Adecuación de camas para lombrices



Después de alistar las camas, se situaron las lombrices en estas y se dejaron un (1) día antes de proceder a aplicar los residuos orgánicos especificados según el tratamiento (Ver figura 13).

Figura 13. Ubicación de residuos orgánicos por tratamiento establecido



Después de ubicar los residuos orgánicos junto con las lombrices, estos se cubrieron con una capa de tierra para ahuyentar las moscas, las camas se cubrieron con poli-sombra para evitar la entrada de roedores, aves o perros a las camas (ver figura 14).

Se seleccionaron cien (100) lombrices al azar en cada repetición de todo tratamiento, las lombrices seleccionadas fueron pesadas con una báscula digital METTLER AJ100 previamente calibrada por la persona encargada del laboratorio (ver figura 15), después de ser pesadas, las lombrices eran medidas con un calibrador digital Fischer Scientific, para hallar relación peso-longitud en las lombrices y así poder comparar los resultados en las diferentes mezclas a fin de conocer el mejor.



Figura 14. Camas cubiertas con poli-sombra para evitar pérdidas de lombrices



Figura 15. Pesaje de lombrices en balanza digital METTLER AJ100



Las lombrices adultas se fueron diferenciadas dada la presencia del clitelo, las demás según el tamaño y pigmentación.

Posterior a este proceso se evaluó la información recogida en el desarrollo del compostaje, es necesario que los pasos anteriores sean evaluados y controlados para mantener un producto estabilizado y sanitizado, de alto contenido, que permitan no sólo las mejores condiciones sino las mejores características.

De esta forma posterior a los pasos de control del cultivo de la lombriz californiana para el compostaje, en el avance de la propuesta se establecieron los resultados que se describen en el capítulo siguiente.

### 3. RESULTADOS

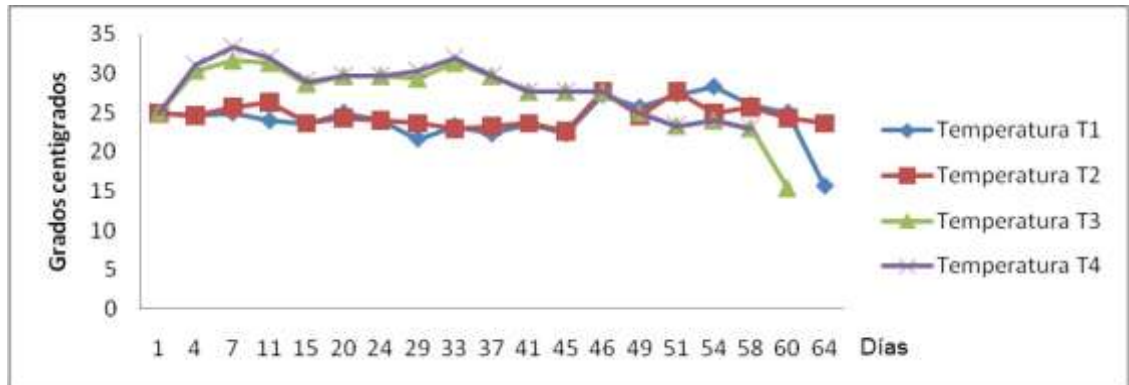
Para cada una de las etapas desarrolladas se establecieron los siguientes resultados:

#### 3.1 COMPOST

En el transcurso del proceso de maduración de las diferentes mezclas planteadas para la elaboración del compost se midieron variables tales como temperatura y pH obteniendo como resultados:

**3.1.1 Temperatura del compost.** En la figura 16 se observa la variación de la temperatura interna medida día por día para cada tratamiento evaluado, todos los tratamientos tuvieron una temperatura inicial de 25°C (temperatura ambiente) solo T3 y T4 lograron un incremento diferencial de temperatura máxima de 34°C, las mezclas después de alcanzar su máxima temperatura disminuyeron su temperatura interna hasta los 22 °C donde no se generó más disminución de la temperatura.

Figura 16. Tendencia de temperatura (°C) en los diferentes tratamientos



A fin de determinar si hubo alguna diferencia entre los promedios obtenidos de temperaturas alcanzados por tratamiento de esta variable se procedió a realizar un análisis de varianza (ver tabla 1), cuyo resultado confirmó que si se presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). entre los diferentes tratamientos utilizados.

Tabla 1. Anava para temperatura del compost

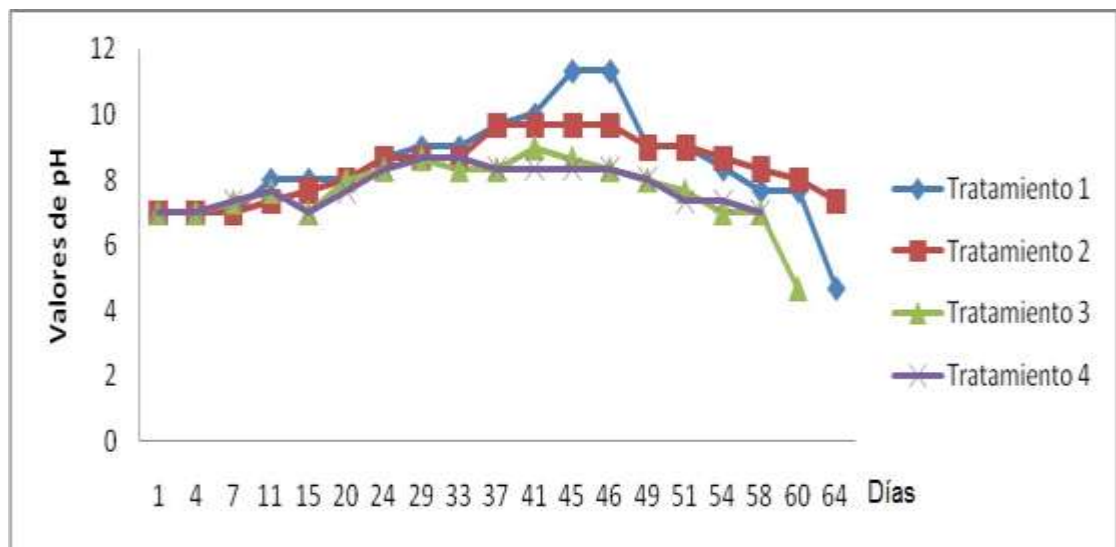
Fuentes de variación	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
Tratamientos	3	33,7	11,2	39,8	5,42
Error	8	2,3	0,3		
Total	11	35,9			

La adición de Microorganismos Eficientes -ME- en los tratamientos T3 y T4, genero un aumento de temperatura interna en contraste con los tratamientos T1 y T2 en los cuales la temperatura fue constante, el periodo de maduración disminuyó en los tratamientos a los que se les adiciono ME en 10 días aproximadamente.

La composición de los Microorganismos Eficientes presentes, pertenecen a bacterias de los géneros *Rhodopseudomonas*, *Lactobacillus* y levaduras del género *Saccharomyces*, las cuales, encuentran un medio óptimo para su reproducción bajo las condiciones de un compost y aumentando así la concentración poblacional en comparación a la que generalmente se encuentra en una degradación natural, por tanto la alta carga microbiana aumenta la degradación física de los residuos presentes disminuyendo el tiempo de maduración y generando el aumento de la temperatura (Alcolea y González, 2000).

**3.1.2 pH del compost.** En la figura 17 se observa la variación de las mediciones día a día de pH para todos los tratamientos, todos inician con un pH 7 (neutro). De acuerdo con las mediciones diarias T1 y T2 obtuvieron la mayor variación de pH durante el proceso de maduración del compost con tendencia a valores basicos llegando a valores de pH de hasta 14 según las mediciones tomadas entre los días 45 y 46 las cuales fueron las mas distantes del pH neutro (7) en todo el proceso. T3 y T4, por el contrario según las mediciones diarias presentó valores de pH constantes sin aumentos o disminuciones en los valores significativos.

Figura 17. Tendencia del pH en los diferentes tratamientos



A fin de determinar si hubo alguna diferencia entre los promedios de pH obtenidos en cada tratamiento, se realizo un análisis de varianzas mediante el programa excel 2007 (ver tabla 2) cuyo resultado indicó que hubo diferencia significativa en los diferentes tratamientos ( $p < 0.05$ ).

Tabla 2. Anava para pH del compost

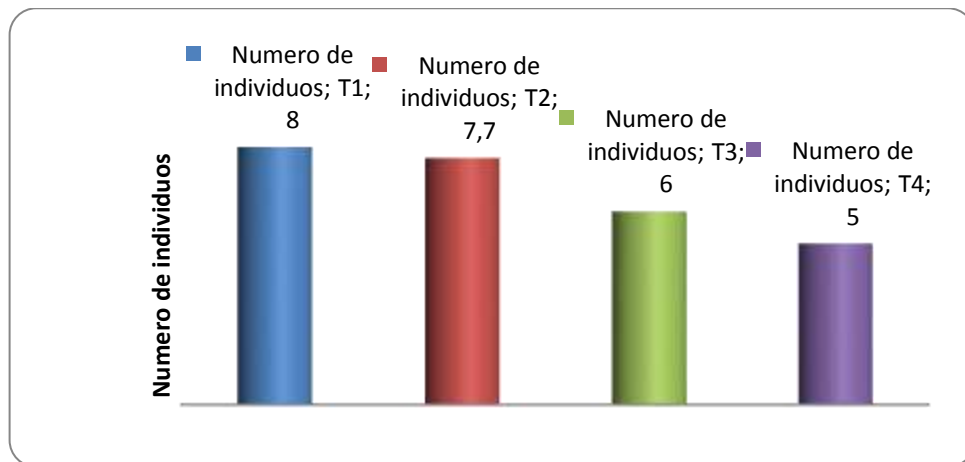
Fuentes de variación	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
Tratamientos	3	1,21	0,40	6,7	5,42
Error	8	0,48	0,06		
Total	11	1,69			

### 3.2 LOMBRICOMPOST

En la elaboración del lombricompost con lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*) se observaron diferentes etapas fisiologicas que presenta la lombriz para su reproducción, estas se clasificaron como lombrices adultas, preadultas, juvenes e infantiles, de acuerdo a la presencia y tamaño del clitelo en cada una de ellas, fueron clasificadas tambien segun su longitud y por ultimo fueron pesadas, para obtener estos datos se tomaron tres muestras al azar de cada repeticion por tratamiento con un total de 100 lombrices al azar, las 100 lombrices seleccionadas fueron clasificadas por etapa fisiologica, peso y longitud, obteniendo los siguientes resultados.

**3.2.1 Distribución por etapa fisiologica.** En la figura 18 se observa la distribución por tratamiento de las lombrices clasificadas como adultas, cuya tendencia muestra que en los tratamientos T1 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate, lechuga) y T2 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales) existió mayor población de lombrices adultas 8 y 7.7 lombrices repectivamente.

Figura 18. Promedio de individuos adultos por tratamiento



En la Figura 19 se observa que los tratamientos T1 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate, lechuga) y T2 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales) son los que presentan mayor población de lombrices preadultas, en promedio 40 y 41 lombrices preadultas por tratamiento respectivamente.

Figura 19. Promedio de individuos pre-adultos por tratamiento



De acuerdo al análisis de varianza de los valores obtenidos en número de individuos de lombrices adultas y en número de individuos de lombrices pre-adultas (Anexo E) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, de acuerdo a los resultados obtenidos por Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) no se detectó diferencia significativa entre los diferentes tratamientos para individuos adultos, pero si en individuos pre-adultos, siendo el tratamiento T1 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate, lechuga) la mejor mezcla para obtener individuos en etapa adulta (ver tabla 3).

Tabla 3. Pruebas de Duncan para individuos adultos y pre-adultos encontrados en lombricompost

Tratamiento	Adultos		Pre-adultos	
	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga	8.0	A	39.7	A
T2 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales	7.7	A	41.3	B
T3 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga	6.0	A	37.3	B
T4 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de papa, plátano, frutales	5.0	A	81.0	B

En *Eisenia foetida* el clitelo (madurez sexual) aparece en torno a 0,25 g de peso aproximadamente, este peso se logra cuando cuentan con una buena y constante fuente de alimento lo cual se pudo apreciar en este caso con el T1 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate, lechuga), puesto que al contar con partículas gruesas, estas partículas toman un mayor período para se descomposición y las lombrices cuentan con un mayor periodo de aprovechamiento para las lombrices (Schuldt, Rumi y Gutiérrez, 2005).

De acuerdo con los resultados obtenidos en los tratamientos T1 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate, lechuga) y T2 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de

papa, plátano, frutales) se obtuvo el mayor número de lombrices jóvenes con un promedio de 17 y 19 individuos respectivamente (ver figura 21), de acuerdo con el análisis de varianza (Anexo E) y la prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) se detectaron diferencias significativas entre tratamientos T1 y T2 (Tabla 4), indicando esto que las mezclas empleada influyeron sobre el número de individuos en lombrices jóvenes.

Figura 20. Promedio de individuos pre-adultos por tratamiento

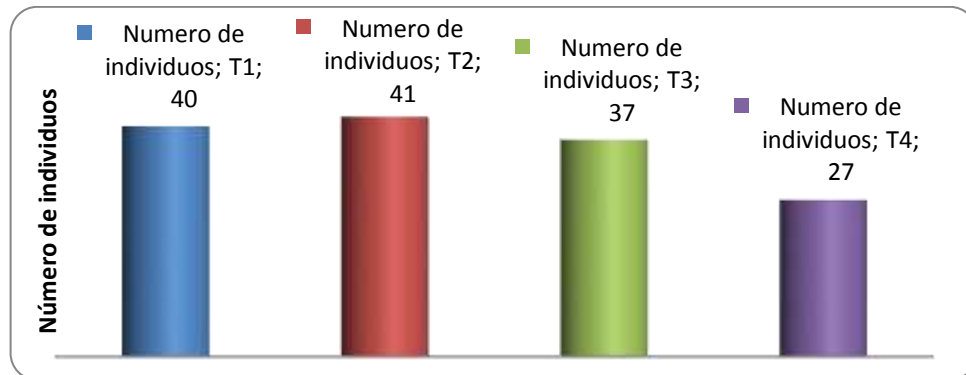
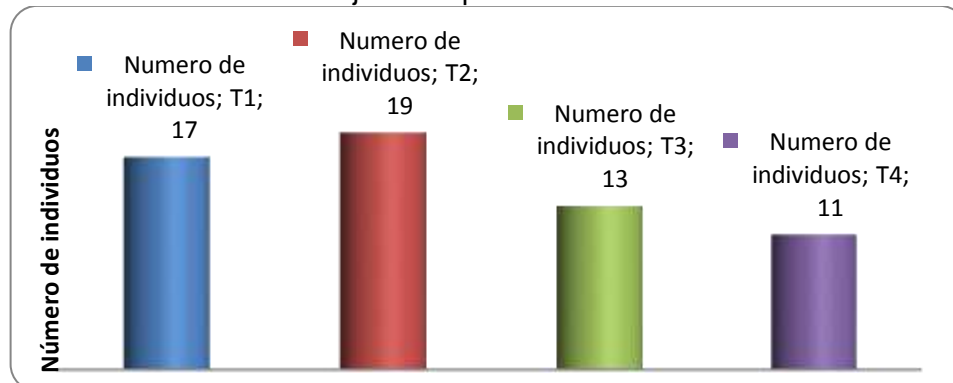


Tabla 4. Pruebas de Duncan para individuos jóvenes e infantes encontrados en lombricompost

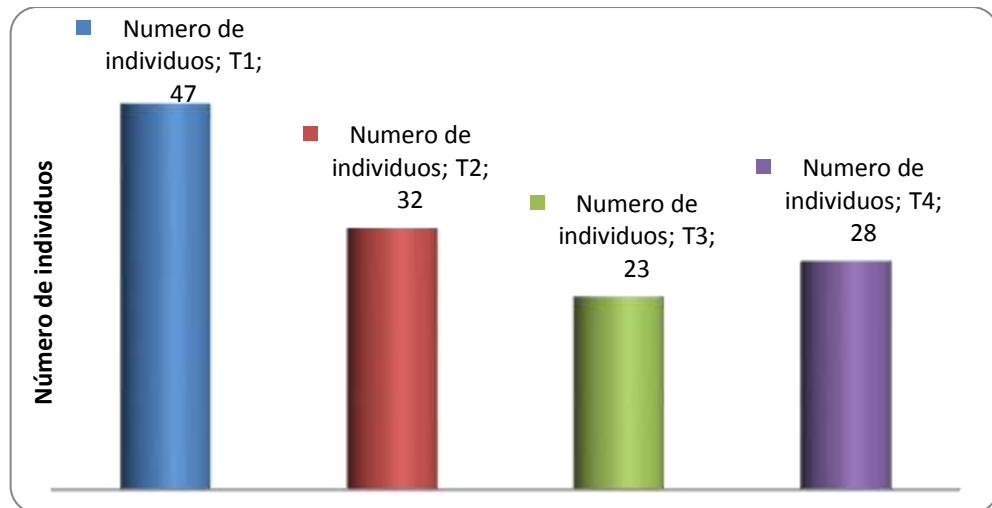
Tratamiento	Jóvenes		Infantes	
	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga	17.3	A	46.7	A
T2 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales	19.3	A	31.7	B
T3 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga	13.3	A	23.3	B
T4 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de papa, plátano, frutales	11.0	A	27.7	B

Figura 21. Promedio de individuos jóvenes por tratamiento



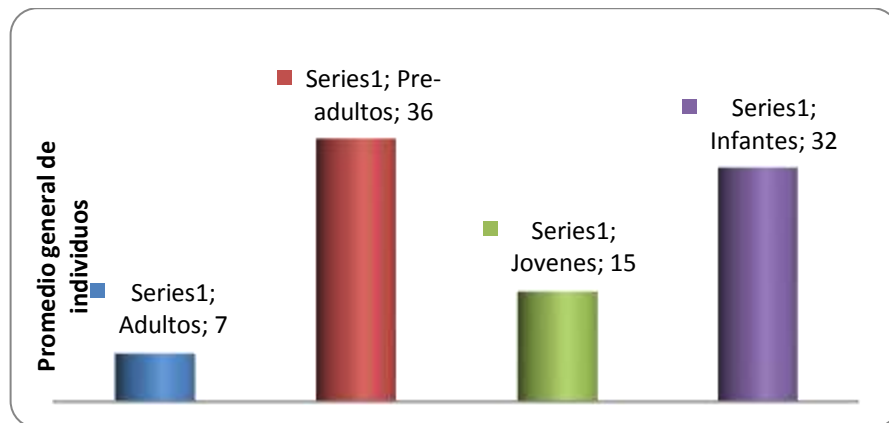
De acuerdo al número de individuos infantiles, los tratamientos T1 (cáscaras y residuos gruesos de tomate, lechuga) y T2 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales), fueron los tratamientos en los cuales se obtuvo el mayor número de individuos con 47 y 32 individuos respectivamente, seguidos en orden por los tratamientos T4 y T3 con 28 y 25 individuos (ver figura 22).

Figura 22. Promedio de individuos infantiles por tratamiento



De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis de varianza para número de individuos jóvenes por tratamiento, no se detectaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos utilizados (Anexo E), al aplicar la prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) a estos mismos resultados, este develó que el tratamiento T1 (cáscaras y residuos gruesos de tomate, lechuga), presentó diferencias sobre los demás tratamientos (ver tabla 4) indicando esto que la mezcla utilizada en T1 (cáscaras y residuos gruesos de tomate, lechuga) permitió mayor desarrollo en número de lombrices infantiles.

Figura 23. Distribución poblacional promedio en el lombricompost



Aquellos individuos adultos que en principio estaban presentes en la población fueron desplazados por individuos de etapa pre-adulta. Estos tienen la ventaja física sobre adultos y jóvenes que aún no son maduros sexualmente. El número de embriones o individuos infantiles que se hallan en cada puesta es variable, en muchos invertebrados el tamaño de la puesta se relaciona con el tamaño del animal y el número de descendientes se incrementa con la talla. Estos resultados se observan en la tabla 4 donde el análisis de Duncan en individuos infantiles de T1 muestra una diferencia significativa entre los tratamientos por individuos.

**3.2.2 Peso de lombrices.** Después seleccionar 100 lombrices al azar por repetición de tratamiento y de ser pesadas con una báscula digital (figura 24) cuyos resultados indicaron que los individuos de T1 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga) y de T2 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales) lograron obtener un mayor peso promedio que las lombrices de los tratamientos T3 (Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga) y T4 (Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de papa, plátano, frutales) con valores desde 0.05 gramos hasta 0.1 gramo. Al aplicar prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para la variable peso, se develó que T1 presentó diferencia sobre los demás tratamientos (ver tabla 7), con un desarrollo mayor de peso promedio en las lombrices entre los tratamientos.

Figura 24. Promedios de peso por tratamiento

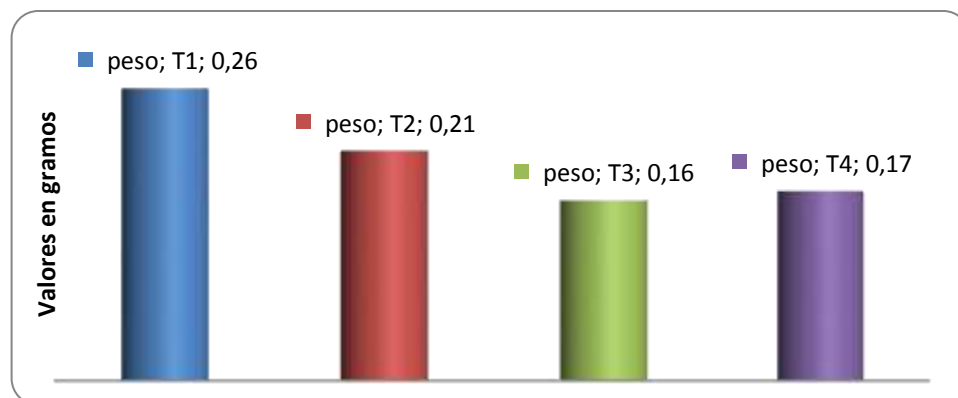


Tabla 5. Prueba de Duncan para promedios de peso (gr) de lombriz

Tratamiento	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga	0.264	A
T2 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales	0.207	B
T3 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga	0.162	B
T4 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de papa, plátano, frutales	0.171	B



**3.2.3 Longitud de lombrices.** Tomadas las 100 lombrices al azar por cada repetición de tratamiento y luego de ser medidas con un calibrador digital, los resultados indicaron que los individuos en el T1 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga) y en T2 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales) obtuvieron una longitud promedio mayor desde 8 milímetros hasta 18 milímetros por encima de los valores promedios obtenidos en T3 (Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga) y T4 (Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de papa, plátano, frutales).

Al aplicar prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) con los valores obtenidos de la variable longitud, se develó que T1 presentó diferencia sobre los demás tratamientos (ver tabla 8), la prueba indicó que cuando se empleó el T1 (cáscaras y residuos gruesos de tomate, lechuga) se permitió un mayor desarrollo en la variable longitud de las lombrices. En *Eisenia foetida* se consideran individuos adultos cuando estos tienen una longitud mayor de 3 cm (no implicando esto que todos los animales de ese rango o mayores sean adultos puesto que también se encuentra relacionado con múltiples factores para su desarrollo como ambiente, humedad y manejo para la formación de clitelo) esto es aplicable en T1 y T2, en los cuales se obtuvieron individuos de mayor peso y longitud en comparación con los demás tratamientos presentando mayor número de individuos adultos y pre-adultos (Schuldt, Rumi y Gutiérrez, 2005).

Figura 25. Promedios de longitud por tratamiento

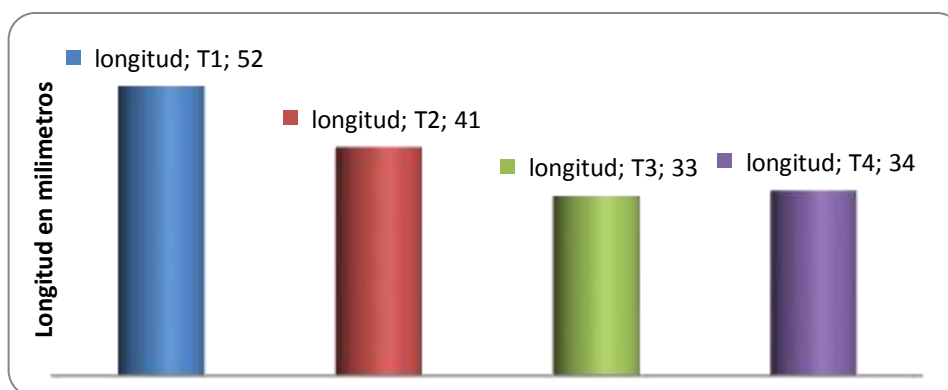


Tabla 6. Prueba de Duncan para promedios de longitud (cm) de lombriz

Tratamiento	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga	52.4	A
T2 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales	41.4	B
T3 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga	32.6	B
T4 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de papa, plátano, frutales	33.5	B

**3.2.4 Propiedades fisico-químicas.** En el laboratorio de agroquímica de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad del Cauca, se determinaron algunas propiedades fisico-químicas (Humedad higroscópica, densidad, porcentaje de grava del compost, conductividad, porcentaje de saturación, contenido de carbono, nitrógeno, fósforo y capacidad de intercambio cationico (CIC) del compost y el lombricompost, para determinar la influencia de los componentes (mezclas) en el valor de las propiedades de cada tratamiento.

**3.2.4.1 Propiedades físico-químicas del Compost.** En las tablas 7 y 8, se puede observar los promedios de valores obtenidos para el compost a los 210 días de iniciado el proceso en donde se observan los valores obtenidos para humedad higroscópica los cuales se encuentran entre 9,36 y 12,75, porcentaje de grava con valores entre 54,82 y 58,59%, densidad con valores entre 0,63 y 0,71 g/cm<sup>3</sup>, conductividad con valores entre 1289,17 y 1895,83  $\mu$ s/cm, porcentaje de saturación (SP) con valores entre 81,87 y 100,83%, pH con valores entre 6,45 y 6,78, carbono con valores entre 9,46 y 12,35%, nitrógeno con valores entre 1,01 y 1,33 %, fósforo disponible con valores entre 43,01 y 81,68 ppm, capacidad e intercambio catiónico (CIC) con valores entre 56,56 y 67,87 meq/100g.

Tabla 7. Promedios por tratamiento de algunas propiedades fisicoquímicos del compost

Muestra	Humedad Higroscópica %	% Grava	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Conductividad $\mu$ s/cm	SP %
T1	9,36	58,59	0,63	1839,83	100,83
T2	12,75	56,46	0,63	1895,83	88,33
T3	9,36	54,82	0,71	1289,17	81,87
T4	10,57	56,42	0,68	1524,17	90,34

Tabla 8. Promedios por tratamiento de algunas propiedades fisicoquímicos del compost

Muestra	pH	C %	N %	P disponible ppm	CIC meq/100g
T1	6,46	10,39	1,16	77,36	60,58
T2	6,45	12,35	1,33	81,68	67,87
T3	6,61	9,46	1,01	43,01	56,56
T4	6,78	10,56	1,06	66,78	62,96

Al comparar los promedios obtenidos mediante análisis de varianzas ( $\alpha = 0,05$ ) (anexo G) y prueba de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) se determinó que hubieron diferencias significativas entre tratamientos en todas las propiedades estimadas, por tanto se pudo afirmar que el tratamiento T1 mostró los mejores promedios en porcentaje de grava y porcentaje de saturación (ver tabla 9), el tratamiento T2 mostró los mejores promedios en humedad higroscópica, conductividad, porcentaje de Carbono, nitrógeno y fósforo, CIC (ver tablas 10 -13), T3 y T4 mostró los mejores resultados en densidad y pH (ver tabla 13).

En terminos generales el mejor tratamiento según los promedios de las variables medidas fue el tratamiento 2 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales) ya que esta mezcla presentó una mayor cantidad de resultados de variables promedio favorables tales como carbono, nitrógeno, fósforo y CIC, de ser este material utilizado como abono reflejaría mejora en la fertilidad del suelo.

A continuación se muestran los resultados obtenidos al aplicar la prueba de Duncan en las propiedades fisicoquímicas del compost.

Tabla 9. Prueba de Duncan para % grava y % saturación en compost

Tratamiento	% grava		% saturación	
	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga	58.59	a	100.83	A
T2 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales	56.46	b	89.87	B
T3 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga	54.82	b	81.87	B
T4 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de papa, plátano, frutales	56.42	b	90.34	C

Tabla 10. Prueba de Duncan para humedad higroscópica y conductividad en compost

Tratamiento	Humedad higroscópica		Conductividad	
	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga	9.36	a	1839.83	A
T2 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales	13.33	b	1895.83	A
T3 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga	9.36	b	1287.17	B
T4 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de papa, plátano, frutales	10.57	b	1524.17	C

Tabla 11. Prueba de Duncan para % carbono y % nitrógeno en compost

Tratamiento	% carbono		% nitrógeno	
	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga	10.39	a	1.16	A
T2 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales	11.47	b	1.33	B
T3 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga	9.46	b	1.01	C
T4 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de papa, plátano, frutales	10.56	b	1.06	C

Tabla 12. Prueba de Duncan para % fósforo y CIC en compost

Tratamiento	% fósforo		CIC	
	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga	77.36	a	1839.83	A
T2 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales	86.11	b	1895.83	A
T3 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga	43.01	c	1287.17	B
T4 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de papa, plátano, frutales	66.78	d	1524.17	C

Tabla 13. Prueba de Duncan para densidad y pH en compost

Tratamiento	Densidad		pH	
	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga	0.63	a	6.46	A
T2 Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales	0.64	b	6.45	B

Tabla 13. (Continuación)

Tratamiento	Densidad		pH	
	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T3 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga	0.71	b	6.61	C
T4 Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de papa, plátano, frutales	0.68	b	6.78	D

**3.2.4.2 Propiedades físico-químicas del Lombri-compost.** En las tablas 14 y 15, se observan los promedios obtenidos para las variables medidas del Lombricompost a los 120 días de iniciado el proceso, donde se ven valores promedio de humedad higroscópica entre 13.45 y 14.61%, valores promedio de grava entre 54,96 y 69.16%, valores promedio de densidad entre 0,55 y 0,66 g/cm<sup>3</sup>, valores promedio de conductividad entre 4,67 y 7,02  $\mu$ s/cm, valores promedio de porcentaje de saturación entre 97,37 y 108,49%, valores promedio de pH entre 6,77 y 7,08, valores promedio de carbono entre 11,49 y 12,95%, valores promedio de nitrógeno entre 1,27 y 1,50%, valores promedio de fósforo disponible entre 102,66 y 240,98 ppm, valores promedio de capacidad de intercambio catiónico (CIC) entre 64,07 y 79,63 meq/100g.

Tabla 14. Promedios por tratamiento de algunas propiedades físico-químicas del lombricompost

Muestra	Humedad Higroscópica %	Grava %	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Conductividad $\mu$ s/cm	SP %
T1	14,31	69,16	0,60	6,76	100,62
T2	13,43	65,21	0,55	4,67	108,49
T3	14,61	65,71	0,59	7,02	102,28
T4	14,30	54,96	0,60	6,84	97,37

Tabla 15. Promedios por tratamiento de algunas propiedades físico-químicas del lombricompost

Muestra	pH	C %	N %	P disponible ppm	CIC meq/100g
T1	6,88	11,49	1,27	122,74	73,63
T2	6,77	12,95	1,28	240,98	64,07
T3	7,08	12,14	1,49	102,66	79,63
T4	6,97	12,79	1,50	234,50	72,28

Al comparar los promedios obtenidos mediante análisis de varianza ( $\alpha= 0,05$ ) (anexo G) y prueba de Duncan ( $\alpha= 0,05$ ) se detectaron diferencias significativas entre los diferentes

tratamientos, indicando que el tratamiento T1 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga) mostró los mejores promedios en porcentaje de grava y densidad (ver tablas 16 y 20). El tratamiento T2 mostró los mejores promedios en porcentaje de saturación, porcentaje de carbono y fósforo (ver tablas 16, 18, 19). El tratamiento T3 mostró los mejores promedios en humedad higroscópica, porcentaje de grava, densidad, conductividad, pH, y CIC (ver tablas 16-20). El T4 mostró los mejores promedios en densidad, conductividad, porcentaje de nitrógeno y fósforo (ver tablas 17-20).

En términos generales el mejor tratamiento fue el T3 (Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga) por presentar buenas propiedades físicas, pH neutro y mayor CIC, puesto que de ser este material utilizado como abono reflejaría mejora en las condiciones físicas y coloidales del suelo y en consecuencia mejoría en la fertilidad.

Tabla 16. Prueba de Duncan para % grava y % saturación en lombricompost

Tratamiento	% grava		% saturación	
	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1= Residuo vegetal (80%) + tierra negra (20%).	69,16	a	100,62	A
T2= Residuo vegetal (60%) + tierra negra (40%).	65,21	a	108,69	B
T3= Residuo vegetal (80%) + microorganismos ruminales, (500 ml) y tierra negra (15%).	65,71	a	102,28	B
T4= Residuo vegetal (80%) + microorganismos ruminales, (1000 ml.) y tierra negra (10%).	54,96	b	97,37	B

Tabla 17. Prueba de Duncan para humedad higroscópica y conductividad en lombricompost

Tratamiento	Humedad higroscópica		Conductividad	
	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1= Residuo vegetal (80%) + tierra negra (20%).	14,31	a	6,76	A
T2= Residuo vegetal (60%) + tierra negra (40%).	13,13	b	4,67	A
T3= Residuo vegetal (80%) + microorganismos ruminales, (500 ml) y tierra negra (15%).	14,61	b	7,02	A
T4= Residuo vegetal (80%) + microorganismos ruminales, (1000 ml.) y tierra negra (10%).	14,30	b	6,84	B

Tabla 18. Prueba de Duncan para % carbono y % nitrógeno en lombricompost

Tratamiento	% Carbono		% nitrógeno	
	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1= Residuo vegetal (80%) + tierra negra (20%).	11,49	a	1,27	a
T2= Residuo vegetal (60%) + tierra negra (40%).	13,26	b	1,28	a
T3= Residuo vegetal (80%) + microorganismos ruminales, (500 ml) y tierra negra (15%).	12,14	b	1,49	b
T4= Residuo vegetal (80%) + microorganismos ruminales, (1000 ml.) y tierra negra (10%).	12,79	b	1,50	b

Tabla 19. Prueba de Duncan para % fósforo y CIC en lombricompost

Tratamiento	% fósforo		CIC	
	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1= Residuo vegetal (80%) + tierra negra (20%).	122,74	a	73,63	a
T2= Residuo vegetal (60%) + tierra negra (40%).	240,97	b	64,07	b
T3= Residuo vegetal (80%) + microorganismos ruminales, (500 ml) y tierra negra (15%).	102,66	c	79,63	b
T4= Residuo vegetal (80%) + microorganismos ruminales, (1000 ml.) y tierra negra (10%).	234,50	d	72,28	c

Tabla 20. Prueba de Duncan para densidad y pH enlombricompost

Tratamiento	Densidad		pH	
	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )	Promedio	Significancia ( $\alpha=0.05$ )
T1= Residuo vegetal (80%) + tierra negra (20%).	0,60	a	6,88	a
T2= Residuo vegetal (60%) + tierra negra (40%).	0,56	a	6,77	b
T3= Residuo vegetal (80%) + microorganismos ruminales, (500 ml) y tierra negra (15%).	0,59	a	7,08	c
T4= Residuo vegetal (80%) + microorganismos ruminales, (1000 ml.) y tierra negra (10%).	0,60	b	6,97	d

Al comparar los promedios encontrados y de acuerdo al tamaño de la partícula (gruesa y delgada) mediante prueba de t ( $\alpha=0,05$ ), se observa que cuando la probabilidad es menor a 0,05, se acepta que los promedios comparados fueron diferentes, como ocurrió en conductividad, pH, nitrógeno, fósforo disponible y CIC.

De lo anterior, se deduce que al colocar residuos vegetales fraccionados en el lombricario, el compost resultante cuenta con mas conductividad y solidos disueltos, con tendencia a neutralidad, mejores contenidos de nitrógeno y mayor capacidad de intercambio cationico. Por el contrario el empleo de partícula más gruesas solo favorecio el contenido de fósforo disponible.

Tabla 21. Probabilidad asociada a la prueba de t, de acuerdo con el tamaño de la partícula

Tratamiento	Humedad Higroscópica. %	Grava %	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Conductividad ms/cm	SP %
P. gruesas	13,87	67,18	0,58	5,72	104,56
P. delgadas	14,46	60,34	0,60	6,93	99,83
Probab.	0,138	0,051	0,138	0,019	0,121

Tabla 22. Probabilidad asociada a la prueba de t, de acuerdo con el tamaño de la partícula

Tratamiento	pH	C %	N %	P disponible ppm	CIC meq/100g
P. gruesas	6,83	12,22	1,27	181,86	68,85
P. delgadas	7,02	12,46	1,50	168,58	75,96
Probab.	0,0000	0,240	0,000	0,044	0,003

**3.2.4.3 Coeficientes de variación.** Al analizar estos coeficientes en cada tratamiento se pueden observar en la tabla 23 que tanto en el compost como en el lombricompost, los valores fueron bajos y con tendencia hacia 0% en compost y en lombricompost, lo que indicó homogeneidad en las determinaciones por muestra en cada propiedad estimada, permitiendo inferir que los protocolos desarrollados en el laboratorio fueron coherentes. Es de destacar que la estimación del fósforo disponible fue la que mayor variabilidad en las muestras expresó, sin embargo, con valores tendientes a homogeneidad.

Tabla 23. Coeficientes de variación (CV) obtenidos para algunas propiedades físico-químicas

Propiedad	Unid.	CV	CV
Humedad higroscópica	%	14,9	5,4
Grava	%	11,3	10,6



Tabla 23. (Continuación)

<b>Propiedad</b>	<b>Unid.</b>	<b>CV</b>	<b>CV</b>
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	5,7	4,2
Conductividad	ms/cm	15,8	15,9
SP	%	8,7	5,1
pH		2,3	1,7
C	%	12,7	8,0
N	%	12,0	8,8
P disponible	ppm	24,4	37,8
CIC	meq/100g	8,9	8,8

#### 4. CONCLUSIONES

La propuesta desarrollada permitió establecer las siguientes conclusiones:

La adición de microorganismos eficientes ruminales EMr genera cambios en los valores de pH en las pilas de compost que van entre 7 y 10.

La adición de EM aumenta la temperatura promedio del compost en 4 grados y reduce el tiempo de maduración en 12 días aproximadamente.

Lombrices alimentadas con partículas gruesas mostraron una longitud mayor entre 8-18 milímetros y un peso mayor entre 0.05-0.1 gramos que las que fueron alimentadas con partículas pequeñas.

Los mejores tratamientos que presentaron mayor número de lombrices adultas y pre-adultas fueron aquellos que tenían partículas gruesas T1 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de tomate y lechuga) y T2 (Mezcla de cáscaras y residuos gruesos de papa, plátano, frutales).

En cuanto a las propiedades físicas y químicas determinadas en el compost y en el lombricompost, se determinó que al usar la mezcla 3 en compost (Residuo vegetal (80%) + microorganismos ruminales, (500 ml) y tierra negra (15%.)) y mezcla 3 en lombricompost, (Mezcla de cáscaras y residuos pequeños de tomate y lechuga) ambos tratamientos obtuvieron las mejores propiedades físico-químicas entre los tratamientos.

## 5. RECOMENDACIONES

Se establecieron durante este proceso las siguientes recomendaciones:

Usar microorganismos eficientes ruminales (EMr) en los procesos de compostación para disminuir el tiempo de maduración.

Alimentar las lombrices con residuos gruesos para obtener lombrices de mayor tamaño y longitud.

Realizar réplicas del ensayo bajo diferentes condiciones climáticas (diferentes periodos del año)

Seguir evaluando el uso de residuos gruesos para obtener lombrices de mayor peso y longitud.

Evaluar el efecto de la aplicación de EM en materiales compostados sobre el tiempo de maduración.

Evaluar materias compostadas resultantes de otros residuos de materiales orgánicos originados en el centro comercial.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUDELO QUIROZ, Luisa y MERCADO MESA, Ángela. Recorrido con intención de identificar el estado ambiental de la Institución Educativa Divino Niño y sus sedes [ Blog en línea]. Ambientalistas Sena. Grupo de técnica de preservación de recursos naturales de integración de la Institución Educativa Divino Niño convenio con el SENA Caucaasia, Grupo piloto en esta técnica. Caucaasia, Antioquia: 18, agosto, 2010 [Citado marzo, 2012]. Disponible en internet en: <http://preservacionsena.blogspot.com/2010/08/residuos-solidos.html>

ALCOLEA, Miriam y GONZÁLEZ, Cristina. Manual de compostaje doméstico [En línea]. Barcelona, España: 2000 [Citado junio, 2013]. Disponible en internet en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5jEtFC4b6AYJ:mie.esab.upc.es/ms/formacio/Produccio%2520Agricola%2520Ecologica/biblio/Manual%2520compostaje%2520en%2520casa.pdf+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=co>

BARBADO, José Luis. Cría de lombrices. Su empresa de lombricultura. Editorial Albatros. Primera edición. Buenos Aires, Argentina: noviembre, 2004. pág. 20, 21.

CARTER CAMUS, Claudia Andrea. Química Industrial II. Lombricultura [En línea]. Escuela de Técnicos José Miguel Carrera. Sede Viña del Mar. Viña del Mar, Chile: junio, 1999 [Citado: octubre, 2012]. Disponible en internet en: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:rfu\\_hli8Zr0J:https://www.e-seia.cl/archivos/Anexo\\_N\\_1\\_\\_U.\\_Federico\\_Sta.\\_Maria.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:rfu_hli8Zr0J:https://www.e-seia.cl/archivos/Anexo_N_1__U._Federico_Sta._Maria.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co)

CENTRO UNIVERSITARIO DE LA REGIÓN ESTE. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA. Cartilla de Práctico. Curso Biología Animal. Filo Annelida [En línea]. Licenciatura en Gestión Ambiental/Ciclos Iniciales Optativos. Uruguay: 2013 [Citado junio, 2013]. Disponible en internet en: [http://eva.universidad.edu.uy/pluginfile.php/123898/mod\\_label/intro/CARTILLA%20ANNELIDA.pdf](http://eva.universidad.edu.uy/pluginfile.php/123898/mod_label/intro/CARTILLA%20ANNELIDA.pdf)

COELLO CASTILLO, Magdalena María. Uso de *Scyrtidium thermophilum* para el cultivo semicomercial de *Agaricus* spp. [En línea]. Tesis Maestría en Ciencias de la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales. Especialidad Protección y Producción vegetal. Instituto Politécnico Nacional. Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México: 2006. Disponible en internet en: [http://tesis.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/1232/1/906\\_2006\\_CIDIR-OAXACA\\_MAESTRIA\\_coello\\_castillo\\_magdalenamaria.pdf](http://tesis.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/1232/1/906_2006_CIDIR-OAXACA_MAESTRIA_coello_castillo_magdalenamaria.pdf)

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, DIRECCIÓN DE DESARROLLO SECTORIAL SOSTENIBLE/ORGANIZACIÓN DE

CONTROL AMBIENTAL Y DESARROLLO EMPRESARIAL OCADE. Gestión integral de residuos o desechos peligrosos. Bases conceptuales [En línea]. Bogotá, D.C., Colombia: 2007 [Citado febrero, 2013]. 186 p. Disponible en internet en: <http://preparativosyrespuesta.cridlac.org/XML/spa/doc18932/doc18932-contenido.pdf>.

COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Decreto 171302. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. El Ministerio. Bogotá D.C.: 6, agosto, 2002. Diario Oficial No. 44893 de 6, agosto, 2002.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 2676 de 2000. Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares. Diario Oficial No. 44.275. El Ministerio. Bogotá D.C.: 22, diciembre, 2000.

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1713 de 2002. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial No. 44.893. Bogotá D.C.: 6, agosto, 2002.

CONACYT. Agricultura orgánica. Tercera parte. Primera edición. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, México: septiembre, 2010. ISBN 978-607-00-3411-4. 431p.

DÍAZ, Doraida; COVA, Luis J.; CASTRO, Alexander; GARCÍA, Danny E. y PEREA, Fernando. Dinámica del crecimiento y producción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.) en cuatro sustratos a base de estiércol bovino. En: Agricultura Andina. Vol 15; julio-diciembre, 2008, pág. 39-55.

EQUIPO DE LOS INDIOS DEL CEB. Proyecto de elaboración de composta. Bases para la elaboración de un plan de trabajo en un huerto orgánico [En línea]. Metrocert México Tradición Orgánica. México: s.f. [Citado septiembre, 2012]. Disponible en internet en: <http://issuu.com/chitindio/docs/proyectochoito>

FLORES PÉREZ, Amelia Araceli. Composición orgánica del suelo [Blog en línea]. s.l.: 2012 [Citado noviembre, 2013]. Disponible en internet en: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8XE0CS1s4\\_gJ:aracelifloresg104e5.blogspot.com/2012/01/composicion-organica-del-suelo.html+%&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8XE0CS1s4_gJ:aracelifloresg104e5.blogspot.com/2012/01/composicion-organica-del-suelo.html+%&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co)

FLOREZ, Erik. Proyecto de aula: La lombricultura, el reciclaje orgánico y las TIC en la sede educativa Santa Ana [En línea]. Universidad de Pamplona. Pamplona, Norte de

Santander: 2012 [Citado junio, 2012]. Disponible en internet en: <http://www.eduteka.org/proyectos.php/2/14615>

GONZÁLEZ, Boris. Residuos sólidos [En línea]. Institución Educativa Vista Hermosa de Soledad. Soledad, Atlántico: 2011 [Citado junio, 2012]. Disponible en internet en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:EgDTTXKnzRwJ:www.calameo.com/books/00098530567039ad1a263+&cd=5&hl=es&ct=clnk&gl=co>

INFOAGRO. Abonos orgánicos [En línea]. © Copyright Infoagro Systems, s.l.: 2012 [Citado septiembre, 2013]. Disponible en internet en: [http://www.infoagro.com/abonos/abonos\\_organicos\\_guaviare.htm](http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos_guaviare.htm)

INSTITUCIÓN EDUCATIVA LA ESTACIÓN. Uso eficiente de los residuos sólidos en las instituciones educativas [En línea]. Lebrija, Santander: 2012 [Citado, noviembre, 2012]. Disponible en internet en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:iRGfInNicLoJ:colestacionlebrija.edu.co/docs/MEDIOAMBIENTE.pdf+&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=co>

JARAMILLO HENAO, Gladys y ZAPATA MÁRQUEZ, Liliana María. Aprovechamiento de los residuos orgánicos en Colombia [En línea]. Tesis Especialistas en Gestión Ambiental. Universidad de Antioquia. Facultad de Ingeniería. Posgrados de Ambiental. Medellín, Colombia: 2008 [Citado agosto, 2013]. Disponible en internet en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:C8Azk6pH2yEJ:tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>

LABRADOR, Juana. Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica [En línea]. SEAE Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Catarroja, Valencia, España: 2008 [Citado agosto, 2013]. Disponible en internet en: <http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/manuales-tecnicos/manual-suelos-jlabrador.pdf>

LEGALL MELÉNDEZ, Jennyn Ricardo; DICOVSKIY RIBOÓ, Luis Elías y VALENZUELA CASTELLÓN, Zoyla Iris. Manual básico de lombricultura para condiciones tropicales [En línea]. Escuela de Agricultura y Ganadería de Estelí "Francisco Luis Espinoza". Estelí, Nicaragua: s.f. [Citado, julio, 2013]. Disponible en internet en: <http://abaco-sa.com.ar/mmorra1/Libro2.htm>

MELÉNDEZ, Gloria. Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo [En línea]. Taller de abonos orgánicos (1: 3-4, marzo, 2003; Sabanilla, Costa Rica). [Citado diciembre, 2013]. Disponible en internet en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GYuSv7RPNE4J:www.cia.ucr.ac>

.cr/pdf/Memorias/Memoria%2520Taller%2520Abonos%2520Org%25C3%25A1nicos.pdf+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=co

MONTES DE OCA CASTRO, Manuel y RUIZ LÓPEZ, Miguel Ángel. Manual para el establecimiento y manejo de instalaciones Lombrícolas [En línea]. Gobierno del Estado de México. México: 2004 [Citado agosto, 2013]. Disponible en internet en: [http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion\\_publicaciones/otras\\_alternativas/lombricultura/groups/public/documents/edomex\\_archivo/icamex\\_arch\\_lombri.pdf](http://portal2.edomex.gob.mx/icamex/investigacion_publicaciones/otras_alternativas/lombricultura/groups/public/documents/edomex_archivo/icamex_arch_lombri.pdf)

O'RYAN HERRERA, Jorge y RIFFO PRADO, Olivia. El compostaje y su utilización en agricultura. Manuales FIA de apoyo a la formación de Recursos Humanos para la innovación agraria. Ministerio de Agricultura. Fundación para la innovación agraria. Santiago, Chile: diciembre, 2007. ISBN 978-956-7874-70-5. 36p.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Hacia una vivienda saludable. ¡Qué viva nuestro hogar!. Cartilla educativa para la familia. Bogotá D.C.: OPS, © 2011. ISBN 978-958-8472-20-1. 40 p.

OROSCO VEREDZOTO, Verónica Paulina y SORIA GUANO, Mercedes Margarita. Biorremediación de vegetación contaminada con petróleo por derrames en el campamento Guarumo – Petroproducción [En línea]. Tesis Ingeniería en Biotecnología Ambiental. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba, Ecuador: 2008 [Citado noviembre, 2013]. Disponible en internet en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/225/1/236T0009.pdf>

ORTIZ CUARA, Francisco Gabriel. Manual de elaboración de composta. Bases para la elaboración de un plan de trabajo en un huerto orgánico [En línea]. Metrocert México Tradición Orgánica. México: s.f. [Citado septiembre, 2012]. Disponible en internet en: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:e-yO6CuuNJoJ:www.metrocert.com/files/Manual\\_de\\_elaboracion\\_de\\_composta.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:e-yO6CuuNJoJ:www.metrocert.com/files/Manual_de_elaboracion_de_composta.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co)

PEÑA TURRUELLA, Elizabeth; CARRIÓN RAMÍREZ, Miriam; MARTÍNEZ, Francisco; RODRÍGUEZ NODALS, Adolfo y COMPANIONI CONCEPCIÓN, Nelso. Manual para la elaboración de abonos orgánicos en la agricultura urbana [En línea]. PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo e INIFAT: 2002 [Citado septiembre, 2013]. Disponible en internet en: <http://es.scribd.com/doc/55135640/Abonos-Organicos-Agricultura-Urbana-INIFAT>

PORRAS HIDALGO, Sebastián Alejandro. Producción de compost a partir de residuos sólidos de una planta de celulosa [En línea]. Tesis Ingeniería Civil en Biotecnología. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología. Santiago de Chile, Chile: marzo, 2011 [Citado

noviembre, 2013]. Disponible en internet en: [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-porras\\_sh/pdfAmont/cf-porras\\_sh.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-porras_sh/pdfAmont/cf-porras_sh.pdf)

QUIÑONEZ, Alba Luz. Lombricultura [En línea]. Colegio Presbítero Daniel Jordán. Área Ciencias Naturales. Cúcuta, Colombia: s.f. [Citado, abril, 2013]. Disponible en internet en: [http://www.webcolegios.com/danieljordán/guias/GIOA\\_DE\\_LOMBRICULTA.pdf](http://www.webcolegios.com/danieljordán/guias/GIOA_DE_LOMBRICULTA.pdf)

QUIROZ PONCE, Manuel; MINDA JIMÉNEZ, Marco y GOVEA ÁVILA, José Colón. Crianza de lombriz roja californiana y cultivo de habano orgánico [En línea]. Universidad Técnica “Luis Vargas Torres”. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Escuela de Ciencias Forestales y Ambientales. Ingeniería Ambiental. Esmeraldas, Ecuador: s.f. [Citado junio, 2013]. Disponible en internet en: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8T3DUb\\_JxiUJ:www.monografias.com/trabajos87/crianza-lombriz-roja-californiana/crianza-lombriz-roja-californiana.shtml+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8T3DUb_JxiUJ:www.monografias.com/trabajos87/crianza-lombriz-roja-californiana/crianza-lombriz-roja-californiana.shtml+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co)

RODRÍGUEZ, Fabián Oscar. Lombricultura para pequeños emprendedores. Manual teórico-práctico para el manejo comercial de la lombriz roja californiana [En línea]. Editorial La quimera: s.f. [Citado junio, 2013]. Disponible en internet en: <http://books.google.com.co/books>

SÁNCHEZ, María y VIEIRA, María. Producción y utilización de abonos orgánicos para mejorar la composición de los suelos como estrategia para obtener rubros alimenticios de mejor calidad nutritiva [En línea]. Ministerio del Poder Popular para la Educación Superior. Universidad Politécnica Territorial del Alto Apure Pedro Camejo. Núcleo Elorza. PNF Agroalimentación. Elorza, Estado Apure, Venezuela: julio, 2012 [Citado abril, 2012]. Disponible en internet en: <http://www.iutllanos.tec.ve/ova/content/pdf/Universidad%20Politecnica%20Territorial%20del%20Alto%20Apure%20Pedro%20Camejo/PROYECTOVRTIMESTRE.pdf>

SANTOFIMIO GÓMEZ, María Cristina; DÍAZ RAMÍREZ, Carlos Alfredo y CRESPO VALENCIA, Jesús Ramón. Proyecto Futuro III [En línea]. Escuela de Administración Pública ESAP-CETAP Guaviare. San José del Guaviare: 2012 [Citado junio, 2012]. Disponible en internet en: <http://www.slideshare.net/krikreka/propuesta-clasificacion-basuras-en-la-fuente>

SCHULDT, Miguel; RUMI, Alejandra y GUTIERREZ GREGORIC, Diego. Determinación de “edades” (clases) en poblaciones de Eisenia fetida (Annelida: Lumbricidae) y sus implicancias reprobológicas. En: Revista del Museo de La Plata. Zoología. Año 2005, vol 17, No. 170, pág. 1-10

SECRETARÍA-DEL-MEDIO-AMBIENTE. Módulo Piloto para la elaboración de lombricomposta a partir de los residuos de sistemas de producción agropecuarios en



Temascalcingo de José María Velasco [En línea]. Temascalcingo de José María Velasco, México: 2010 [Citado noviembre de 2012]. Disponible en internet en: [http://qacontent.edomex.gob.mx/idc/groups/public/documents/edomex\\_archivo/carl\\_pdf\\_ante\\_6.pdf](http://qacontent.edomex.gob.mx/idc/groups/public/documents/edomex_archivo/carl_pdf_ante_6.pdf).

SEMARNAT SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Manejo integral de los residuos sólidos [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. Delegación Coyoacán, México: 2007 [Citado junio, 2012]. Disponible en internet en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/133/manejo.html>

TENECELA YUQUI. Xavier. Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos [En línea]. Tesis Ingeniería Agronómica. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Cuenca, Ecuador: 2012 [Citado mayo, 2013]. Disponible en internet en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:BOcC35VttjUJ:dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3252/1/TESIS.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>

VÁSQUEZ GONZÁLEZ, María Magdalena. Estudio de la fauna edáfica en una selva baja inundable de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an Quintana Roo [En línea]. Universidad de Quintana Roo. Departamento de Ciencias Naturales. División de Ciencias e Ingeniería. Informe final SNIB CONABIO Proyecto No. B051. México D.F.: 1999. Disponible en internet en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:6aVjPN7h-asJ:www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfB051.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>

VILLALBA, Julio César. Lombricultura [En línea]. Universidad Nacional del Caaguazú. Sede Juan Manuel Frutos. Facultad de Ciencias de Producción. Caaguazú, Paraguay: s.f. [Citado, junio, 2013]. Disponible en internet en: <http://www.monografias.com/trabajos83/la-lombricultura/la-lombricultura.shtml>

WIKIPEDIA.. Humus [En línea]. © Fundación Wikimedia Inc. 2013 [Citado diciembre, 2013]. Disponible en internet en: <http://es.wikipedia.org/>

ZULUAGA ARDILA, Oscar Ricardo. Nutricarnes [En línea]. © Monografías.com S.A.: 2013 [Citado abril, 2013]. Disponible en internet en: <http://www.monografias.com/trabajos45/nutricarnes/nutricarnes3.shtml>

## ANEXOS

### ANEXO A. VALORES PROMEDIOS TOMADOS DE TRATAMIENTO 1

	<b>PROMEDIOS</b>		
<b>Días</b>	<b>T ambiente</b>	<b>T compost</b>	<b>pH</b>
1	22,0	25,0	7,0
4	20,0	24,7	7,0
7	21,0	25,0	7,0
11	20,0	24,0	8,0
15	23,0	23,7	8,0
20	24,0	25,0	8,0
24	23,0	24,0	8,7
29	24,0	21,7	9,0
33	23,0	23,3	9,0
37	25,0	22,3	9,7
41	21,0	23,7	10,0
45	24,0	22,3	11,3
46	23,0	27,3	11,3
49	23,0	25,7	9,0
51	21,0	27,3	9,0
54	24,0	28,3	8,3
58	23,0	26,0	7,7
60	24,0	25,0	7,7
64	15,3	15,7	4,7
<b>CORRELACION</b>	0,017548	-0,07037	0,16466
		0,504488832	0,625206064
			0,390990633

## ANEXO B. VALORES PROMEDIOS TOMADOS DE TRATAMIENTO 2

	<b>PROMEDIOS</b>		
<b>Días</b>	<b>T ambiente</b>	<b>T compost</b>	<b>pH</b>
1	22	25	7
4	20	24,7	7
7	21	25,7	7
11	20	26,3	7,3
15	23	23,7	7,7
20	24	24,3	8
24	23	24,0	8,7
29	24	23,7	8,7
33	23	23	8,7
37	25	23,3	9,7
41	21	23,7	9,7
45	24	22,7	9,7
46	23	27,7	9,7
49	23	24,7	9
51	21	27,7	9
54	24	25	8,7
58	23	25,7	8,3
60	24	24,3	8
64	23	23,7	7,3
<b>CORRELACIÓN</b>	0,46005303	0,0129482	0,5429653
		-0,46655415	0,44815993
			-0,09567286

**ANEXO C. VALORES PROMEDIOS TOMADOS DE TRATAMIENTO 3**

	<b>PROMEDIOS</b>		
<b>Días</b>	<b>T ambiente</b>	<b>T compost</b>	<b>pH</b>
1	22	25,0	7,0
4	20	30,3	7,0
7	21	31,7	7,3
11	20	31,3	7,7
15	23	28,7	7,0
20	24	29,7	8,0
24	23	29,7	8,3
29	24	29,3	8,7
33	23	31,3	8,3
37	25	29,7	8,3
41	21	27,7	9,0
45	24	27,7	8,7
46	23	27,7	8,3
49	23	25,0	8,0
51	21	23,3	7,7
54	24	24,0	7,0
58	23	23,0	7,0
60	16	15,33	4,67
64	0	0	0
<b>CORRELACIÓN</b>	<b>-0,325559027</b>	<b>-0,633424728</b>	<b>-0,348160975</b>
		<b>0,876159766</b>	<b>0,934216971</b>
			<b>0,914423078</b>

#### ANEXO D. VALORES PROMEDIOS TOMADOS DE TRATAMIENTO 4

	PROMEDIOS		
días	T ambiente	T compost	pH
1	22	25,0	7,0
4	20	31,0	7,0
7	21	33,3	7,3
11	20	32,0	7,7
15	23	29,0	7,0
20	24	29,7	7,7
24	23	29,7	8,3
29	24	30,3	8,7
33	23	32,0	8,7
37	25	29,7	8,3
41	21	27,7	8,3
45	24	27,7	8,3
46	23	27,7	8,3
49	23	25,0	8,0
51	21	23,3	7,3
54	24	24,0	7,3
58	23	23,0	7,0
<b>CORRELACIÓN</b>	0,306825438	-0,903053555	-
		0,968453513	0,969844
			0,99902162

## ANEXO E. ANÁLISIS DE VARIANZA EN LOMBRICOMPOST

### VARIABLE: PESO

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	0,0190	0,0063	10,6	5,42
ERROR	8	0,0048	0,0006		
TOTAL	11	0,0238			

### VARIABLE: LONGITUD

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	760,3	253,4	5,5	5,42
ERROR	8	368,3	46,0		
TOTAL	11	1128,6			

### VARIABLE: INDIVIDUOS ADULTOS

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	18	6	0,6	5,42
ERROR	8	74,7	9,3		
TOTAL	11	92,7			

**VARIABLE: INDIVIDUOS PRE-ADULTOS**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	372,7	124,2	1,0	5,42
ERROR	8	990	123,8		
TOTAL	11	1362,7			

**VARIABLE: INDIVIDUOS JOVENES**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	128,3	42,8	2,0	5,42
ERROR	8	168	21		
TOTAL	11	296,3			

**VARIABLE: INDIVIDUOS INFANTES**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	926	308,7	3,7	5,42
ERROR	8	672,7	84,1		
TOTAL	11	1598,7			

**ANEXO F. PROMEDIOS POR MUESTRA DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL COMPOST**

Muestra	Humedad higroscópica %	Grava %	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Conductividad μs/cm	SP %	pH	C %	N %	P disponible ppm	CIC mec/100g compost
C1A	8,83	46,41	0,61	1875,5	102,36	6,48	9,49	1,17	76,03	55,92
C1B	9,62	64,06	0,65	1827,5	103,32	6,47	10,38	1,18	80,80	61,36
C1C	9,62	65,29	0,64	1816,5	96,82	6,45	11,30	1,12	75,25	64,44
C2A	12,61	57,51	0,62	1882,5	84,11	6,46	12,25	1,37	86,85	69,33
C2B	13,68	47,79	0,65	1958,5	92,74	6,44	11,07	1,36	85,74	72,38
C2C	11,94	64,09	0,62	1846,5	88,12	6,45	13,71	1,27	72,47	61,89
C3A	10,29	58,84	0,72	1325,5	83,02	6,65	10,13	1,05	46,23	53,27
C3B	8,31	55,85	0,69	1264,5	84,67	6,51	9,31	1,00	40,98	55,64
C3C	9,50	49,77	0,72	1277,5	77,93	6,68	8,95	0,98	41,84	60,76
C4A	10,30	58,03	0,68	1555,5	88,05	6,85	11,11	1,04	69,15	60,97
C4B	10,57	52,42	0,69	1470,5	87,38	6,73	9,66	1,01	58,88	64,12
C4C	10,83	58,82	0,68	1546,5	95,61	6,78	10,91	1,12	72,32	63,81
Prom.	10,51	56,57	0,66	1637,25	90,34	6,58	10,69	1,14	67,21	61,99
S	1,567	6,369	0,038	259,457	7,897	0,150	1,354	0,136	16,391	5,492
CV	14,916	11,257	5,709	15,847	8,742	2,278	12,665	11,965	24,388	8,860



## ANEXO G. ANÁLISIS DE VARIANZA EN COMPOST

### VARIABLE: HUMEDAD HIGROSCÓPICA

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	31,487845	10,4959	25,4	5,42
ERROR	8	3,3004611	0,41256		
TOTAL	11	34,788306			

### VARIABLE: DENSIDAD

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	0,01201	0,004	16,3	5,42
ERROR	8	0,00197	0,00025		
TOTAL	11	0,01398			

### VARIABLE: GRAVA

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	21,49984	7,166614	0,1	5,42
ERROR	8	424,6532	53,08165		
TOTAL	11	446,1531			

### VARIABLE: CONDUCTIVIDAD

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	725565,6	241855,2	129,6	5,42
ERROR	8	14932,67	1866,583		
TOTAL	11	740498,3			

**VARIABLE: PORCENTAJE DE SATURACIÓN**

SFUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	544,307	181,436	10,3	5,42
ERROR	8	140,802	17,6002		
TOTAL	11	685,109			

**VARIABLE: pH**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	0,22165	0,07388	23,5	5,42
ERROR	8	0,0251	0,00314		
TOTAL	11	0,24675			

**VARIABLE: PORCENTAJE DE CARBONO**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	6,07171	2,023903	3,6	5,42
ERROR	8	4,527224	0,565903		
TOTAL	11	10,59893			

**VARIABLE: PORCENTAJE DE NITRÓGENO**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	0,18725	0,06242	29,4	5,42
ERROR	8	0,01698	0,00212		
TOTAL	11	0,20423			

**VARIABLE: PORCENTAJE DE FÓSFORO**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	3122,82	1040,94	62,4	5,42
ERROR	8	133,529	16,6911		
TOTAL	11	3256,35			

**VARIABLE: CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	201,074	67,0247	4,1	5,42
ERROR	8	130,733	16,3416		
TOTAL	11	331,807			

**ANEXO H. PROMEDIOS POR MUESTRA DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL LOMBRICOMPOST**

Muestra	Humedad higroscópica %	Grava %	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Conductividad µs/cm	SP %	pH	C %	N %	P disponible ppm	CIC mec/100g compost
T1A	14,49	72,61	0,61	6,54	102,14	6,89	11,47	1,27	124,57	71,63
T1B	13,21	63,95	0,59	6,77	96,36	6,88	11,11	1,26	121,35	70,37
T1C	15,23	70,91	0,61	6,98	103,37	6,89	11,88	1,29	122,30	78,89
T2A	13,02	67,94	0,54	4,64	109,66	6,77	13,54	1,32	250,10	62,01
T2B	13,18	68,35	0,57	4,85	108,21	6,75	13,11	1,24	236,40	63,14
T2C	14,08	59,35	0,56	4,53	107,61	6,79	12,20	1,26	236,45	67,05
T3A	14,36	62,77	0,59	6,97	96,68	7,07	12,78	1,52	94,06	78,39
T3B	15,17	71,86	0,58	7,15	105,01	7,09	11,37	1,48	94,05	79,18
T3C	14,29	62,50	0,61	6,93	105,15	7,09	12,26	1,49	119,87	81,33
T4A	15,00	57,18	0,62	6,95	97,80	6,97	13,95	1,58	228,50	74,94
T4B	13,72	51,70	0,60	6,89	93,32	6,99	13,33	1,47	243,81	71,16
T4C	14,19	56,02	0,58	6,67	101,00	6,95	11,08	1,46	231,21	70,75
Prom.	14,16	63,76	0,59	6,32	102,19	6,92	12,34	1,39	175,22	72,40
S	0,763	6,772	0,025	1,008	5,250	0,120	0,992	0,122	66,254	6,335
CV	5,390	10,621	4,167	15,949	5,137	1,728	8,043	8,801	37,812	8,750

## ANEXO I. ANÁLISIS DE VARIANZA EN LOMBRICOMPOST

### VARIABLE: HUMEDAD HIGROSCÓPICA

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	3,8845432	1,29485	3,0	5,42
ERROR	8	3,4250045	0,42813		
TOTAL	11	7,3095476			

### VARIABLE: DENSIDAD

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	0,0043	0,00143	5,8	5,42
ERROR	8	0,00197	0,00025		
TOTAL	11	0,00627			

### VARIABLE: GRAVA

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	337,2036	112,4012	5,4	5,42
ERROR	8	167,2175	20,90219		
TOTAL	11	504,4211			

### VARIABLE: CONDUCTIVIDAD

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	10,96008	3,653358	133,5	5,42
ERROR	8	0,218917	0,027365		
TOTAL	11	11,17899			

**VARIABLE: PORCENTAJE DE SATURACIÓN**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	203,725	67,9085	5,1	5,42
ERROR	8	106,276	13,2845		
TOTAL	11	310,002			

**VARIABLE: pH**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	0,15572	0,05191	244,3	5,42
ERROR	8	0,0017	0,00021		
TOTAL	11	0,15742			

**VARIABLE: PORCENTAJE DE CARBONO**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	5,357417	1,785806	2,4	5,42
ERROR	8	5,987787	0,748473		
TOTAL	11	11,3452			

**VARIABLE: PORCENTAJE DE NITRÓGENO**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	0,15024	0,05008	29,9	5,42
ERROR	8	0,0134	0,00168		
TOTAL	11	0,16365			

**VARIABLE: PORCENTAJE DE FÓSFORO**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	47570,9	15857	179,1	5,42
ERROR	8	708,391	88,5489		
TOTAL	11	48279,3			

**VARIABLE: CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO**

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L	S. C	C.M	F.C	F.T (5%)
TRATAMIENTOS	3	369,933	123,311	13,8	5,42
ERROR	8	71,5862	8,94828		
TOTAL	11	441,519			