

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

*Facultad de Ciencias Agrarias*

*Escuela de Formación Profesional de Agronomía*



**“LOMBRICOMPOSTEO DE RESIDUOS SOLIDOS  
ORGÁNICOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE  
AYACUCHO – HUAMANGA – AYACUCHO”**

Tesis para Obtener el Título Profesional de:

**INGENIERO AGRONOMO**

Presentado Por:

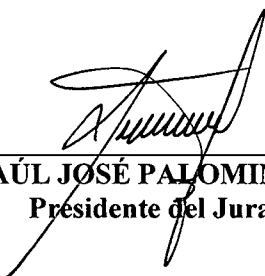
**Yuri Ludmir CRISÓSTOMO ORÉ**

Ayacucho – Perú

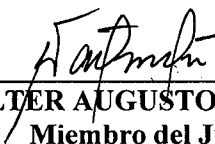
2011

**“LOMBRICOMPOSTEO DE RESIDUOS SOLIDOS ORGÁNICOS  
MUNICIPALES DEL DISTRITO DE AYACUCHO –  
HUAMANGA – AYACUCHO”**

Recomendado : 31 de diciembre de 2010  
Aprobado : 08 de enero de 2011




**M.Sc. ING. RAÚL JOSÉ PALOMINO MARCATOMA**  
**Presidente del Jurado**



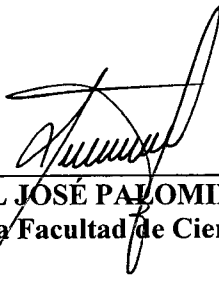
**ING. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO**  
**Miembro del Jurado**



**M.Sc. ING. ALEX LAZARO TINEO BERMÚDEZ**  
**Miembro del Jurado**



**ING. JUAN BENJAMÍN GIRÓN MOLINA**  
**Miembro del Jurado**



**M.Sc. ING. RAÚL JOSÉ PALOMINO MARCATOMA**  
**Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias**

A mis queridos padres: Alejandro y Elidia; como muestra de gratitud y respeto por sus invaluables sacrificios y por hacer realidad la culminación de mi carrera profesional.

A mis queridos hermanos:  
Nancy, Rossi, Ana, Teodoro,  
Alejandro y Hugo; por su  
aliento y apoyo moral.

A mí amada esposa Lizbeth; por su fuerza y apoyo incondicional, y a mi hija Yoriana por ser mi fuerza.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga "Alma Mater" de mi formación profesional; a la Facultad de Ciencias Agrarias y a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía, por sus sabias enseñanzas durante mi transcurrir por la Universidad.

Expreso mi sincera gratitud a los profesores: Ing. Walter A. Mateu Mateo y al M.Sc. Ing. Alex L. Tineo Bermúdez, por su valioso asesoramiento, por sus incansables consejos y sugerencias. Asimismo, al Ing. Juan B. Girón Molina y M.Sc. Ing. Raúl Palomino Marcatoma quienes supieron brindarme su ayuda desinteresada en el presente trabajo de investigación.

Al Área de Investigación en Suelos del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por su apoyo con los ambientes y áreas experimentales para la realización del presente trabajo de investigación.

Al Área de Sub Gerencia de Saneamiento Ambiental de la Municipalidad Provincial de Huamanga, por facilitarnos la información requerida.

## ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
<b>CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	
1.1. RESIDUOS SÓLIDOS .....	09
1.1.1. Clasificación de residuos sólidos .....	09
1.1.2. Ciclo de vida de los residuos sólidos .....	12
1.2. LOMBRIZ DE TIERRA ROJA CALIFORNIANA - <i>Eisenia foétida</i> .....	23
1.2.1. Taxonomía de las lombrices de tierras .....	24
1.2.2. Características externas .....	24
1.2.3. Alimento de las lombrices .....	26
1.2.4. Preparación de alimento .....	26
1.2.5. Densidad poblacional .....	28
1.3. GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	28
1.3.1. Leyes y reglamentos .....	30
1.3.2. Problemática general de los residuos .....	31
1.3.3. Gestión integral de los residuos sólidos .....	33
1.3.4. Compostaje .....	34
1.3.5. Vermicompost .....	37
<b>CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	41
2.1.1. Ubicación del experimento .....	42
2.1.2. Condiciones climáticas .....	42
2.2. MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN .....	43
2.2.1. Caracterización de residuos sólidos municipales .....	43
2.2.2. Producción de vermicompost a partir de residuos sólidos orgánicos .....	45
2.3. TRATAMIENTOS ESTUDIADOS Y ANALISIS QUIMICO .....	47
2.3.1. Preparación de los tratamientos y alimento .....	47
2.3.2. Lechos y densidad poblacional usada .....	48

2.3.3. Tratamientos estudiados .....	49
2.3.4. Análisis químico de los tratamientos .....	50
<b>2.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO .....</b>	<b>51</b>
2.4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	51
A. Determinación de la producción per cápita de los residuos sólidos Municipales.....	51
B. Determinación de la generación total .....	52
C. Determinación de la densidad .....	52
D. Determinación de la composición de los residuos sólidos.....	53
2.4.2. OBTENCIÓN DE VERMICOMPOST A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS MUNICIPALES .....	55
A. Producción de cápsulas por tratamiento de <i>Eisenia</i> <i>foétida</i> (microlechos - muestra).....	55
B. Eclosión de las cápsulas por tratamiento de <i>Eisenia</i> <i>foétida</i> (microlechos - muestra).....	56
C. Numero de lombrices por tratamiento de <i>Eisenia</i> <i>foétida</i> (unidades experimentales - pozas).....	56
D. Volumen de residuos sólidos orgánicos – alimento – vermicompost (Unidad experimental – Pozas) .....	57
E. Calidad del vermicompost obtenido.....	59
<b>2.5. DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>60</b>

### **CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>3.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....</b>	<b>61</b>
A. Producción per cápita (PPC) .....	61
B. Generación total de residuos sólidos.....	61
C. Densidad de residuos sólidos .....	62
D. Composición de residuos sólidos .....	63
<b>3.2. OBTENCIÓN DE VERMICOMPOST A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS MUNICIPALES.....</b>	<b>63</b>

A. Producción de cápsulas por tratamiento de <i>Eisenia foétida</i> (microlechos - muestra) .....	65
B. Eclosión de las cápsulas por tratamiento de <i>Eisenia foétida</i> (microlechos - muestra) .....	70
C. Número de lombrices por tratamiento de <i>Eisenia foétida</i> (unidad experimental - pozas) .....	76
D. Volumen de residuos sólidos orgánicos – alimento – vermicompost (unidad experimental – pozas).....	79
E. Calidad del vermicompost producido .....	83

#### **CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1. Conclusiones .....	87
4.2. Recomendaciones .....	88

RESUMEN .....	89
---------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	90
----------------------------------	----

ANEXOS .....	93
--------------	----

## INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos constituyen gran problema que lleva mucho tiempo afectando a las ciudades debido a los enormes volúmenes que se producen. Una alternativa de solución para aprovechar todos los residuos sólidos orgánicos, es producir abonos orgánicos mediante el composteo y vermicompost, siendo una necesidad ineludible para vivir de manera sostenible y en armonía con la naturaleza.

Existen dos formas de ver los residuos sólidos, como basura o materiales aprovechables y comercializables. A pesar de la visión de negocios que impera en la actualidad, y con la excepción de algunos esfuerzos aislados, seguimos generando y viendo los residuos sólidos simplemente como basura.

A falta de una verdadera disposición adecuada de los desechos estamos en riesgo continuo de contaminar el ambiente, por los numerosos tiraderos a



cielo abierto, tanto oficiales como clandestinos, que proliferan en el estado como únicas “soluciones” a la disposición final.

Los rellenos sanitarios deben ser considerados como último sitio de disposición para los residuos sólidos, antes de llegar a esto se tendría que implementar inmediatamente una estrategia integral de gestión de residuos sólidos que incluya, entre otras cosas, la separación, el reciclaje y la reducción en la generación residuos sólidos.

El uso de la lombriz de tierra, resolverá en parte el problema de los residuos sólidos orgánicos en nuestra ciudad, haciendo que se produzca el vermicompost. La lombriz de la especie *Eisenia foétida*, actualmente es utilizada a nivel mundial, es una especie seleccionada y adaptada a condiciones de cautiverio. El vermicompost es el proceso obtenido de la descomposición de la materia orgánica con la participación de la lombriz de tierra *Eisenia foétida*, es un fertilizante bio-orgánico de estructura coloidal, compuesto de macro elementos y oligoelementos necesario para los vegetales (Coral, 1989).

Por las consideraciones expuestas se planteó el presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos:

- Determinar la composición de los residuos sólidos municipales del distrito de Ayacucho.
- Determinar el rendimiento y calidad del vermicompost producido por la lombriz *Eisenia foétida*, a partir de los residuos sólidos domiciliarios y de mercado del distrito de Ayacucho.

## **CAPÍTULO I**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **1.1. RESIDUOS SÓLIDOS:**

En el Artículo 14° de la Ley N° 27314 “Ley General de Residuos” menciona que los residuos sólidos son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente” (Dirección General de Salud Ambiental, 2004).

##### **1.1.1 Clasificación de Residuos Sólidos:**

Según el Dirección General de Salud Ambiental, 2004 y UNALM – “Gestión de residuos sólidos”, 2004. Se puede clasificar de varias formas, de acuerdo al estado, origen, tipo de manejo y composición química.

**a. Clasificación según el Artículo 15° de la Ley General de Residuos Sólidos del Perú N° 27314, que establece según el origen de generación:**

- **Residuo domiciliario:** Son aquellos residuos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios, constituidos por restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales descartables, restos de aseo personal y otros similares.
- **Residuo comercial:** Son aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como: centros de abastos de alimentos, restaurantes, supermercados, tiendas, bares, bancos, centros de convenciones o espectáculos, oficinas de trabajo en general, entre otras. Estos residuos están constituidos mayormente por papel, plásticos, embalajes diversos, restos de aseo personal, latas, entre otros similares.
- **Residuo de limpieza de espacios públicos:** Son aquellos residuos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas, parques y otras áreas públicas.
- **Residuo de establecimiento de atención de salud:** Son aquellos residuos generados en los procesos y en las actividades para la atención e investigación médica en establecimientos como: hospitales, clínicas, centros y puestos de salud, laboratorios clínicos, consultorios, entre otros afines.

Estos residuos se caracterizan por estar contaminados con agentes infecciosos o que pueden contener altas concentraciones de microorganismos que son de potencial peligro, tales como: agujas hipodérmicas, gasas, algodones, medios de cultivo, órganos patológicos,

restos de comida, papeles, embalajes, material de laboratorio, entre otros.

- **Residuo industrial:** Son aquellos residuos generados en las actividades de las diversas ramas industriales, tales como: manufacturera minera, química, energética, pesquera y otras similares.

Estos residuos se presentan como: lodos, cenizas, escorias metálicas, vidrios, plásticos, papel, cartón, madera, fibras, que generalmente se encuentran mezclados con sustancias alcalinas o ácidas, aceites pesados, entre otros, incluyendo en general los residuos considerados peligrosos.

- **Residuo de las actividades de construcción:** Son aquellos residuos fundamentalmente inertes que son generados en las actividades de construcción y demolición de obras, tales como: edificios, puentes, carreteras, represas, canales y otras afines a éstas.

- **Residuo agropecuario:** Son aquellos residuos generados en el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias.

Estos residuos incluyen los envases de fertilizantes, plaguicidas, agroquímicos diversos, entre otros.

- **Residuo de instalaciones o actividades especiales:** Son aquellos residuos sólidos generados en infraestructuras, normalmente de gran dimensión, complejidad y de riesgo en su operación, con el objeto de prestar ciertos servicios públicos o privados, tales como: plantas de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales, puertos, aeropuertos, terminales terrestres, instalaciones navieras y militares, entre otras; o de aquellas actividades públicas o privadas que

movilizan recursos humanos, equipos o infraestructuras, en forma eventual, como conciertos musicales, campañas sanitarias u otras similares.

**b. Clasificación por su composición química:**

Los residuos domiciliarios se dividen en orgánico y no-orgánicos o inorgánicos.

- **Residuos Orgánicos:** Son biodegradables (se descomponen naturalmente). Son aquellos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verdura, sus cáscaras, carne, huevo.
- **Residuos no orgánicos (o inorgánicos):** Son los que por sus características químicas sufren una descomposición natural muy lenta. Mucho de ellos son de origen natural pero no son biodegradables, por ejemplo los envases de plásticos. Generalmente se reciclan a través de métodos artificiales y mecánicos, como las latas, vidrios, plásticos, gomas. En muchos casos es imposible su transformación o reciclaje; esto ocurre con el telgopor, que seguirá presente en el planeta dentro de 500 años. Otros, como las pilas, son peligrosos y contaminantes.

**1.1.2 Ciclo de vida de los Residuos Sólidos:**

El ciclo de vida de los residuos sólidos abarca a todas las actividades asociadas a la gestión de residuos sólidos, desde el punto de generación hasta la evacuación final.

### **A. Generación de residuos sólidos:**

Debido a las actividades de la persona natural o jurídica se generan residuos sólidos, sea como productor, importador, distribuidor, comerciantes o usuario (Dirección General de Salud Ambiental, 2004).

Los residuos urbanos se generan en los domicilios y en los establecimientos habituales propios de las ciudades (tiendas, mercados, almacenes, restauran, hoteles, pequeños talleres, etc.) (Seoáñez, 2000).

#### **Determinación de la población y muestra:**

Para la determinación de la caracterización de los residuos sólidos, se sigue la metodología establecida por el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM, 2001), recomendado para la formulación del Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS).

Para la determinación del número de muestra se obtuvo aplicando la fórmula de Kunitoshi:

$$n = \frac{v^2}{\left[ \frac{E^2}{1.96^2} + \frac{v^2}{N} \right]}$$

#### **Aplicación de la ecuación:**

Donde:

n= Numero de muestras

v= Desviación estándar de la variable Xi (Xi = PPC de la vivienda i)  
(g/hab-día).

E= Error permisible en la estimación de PPC (g/hab-día).

N= Número total de viviendas del estrato definido.

### Valores recomendados:

Para efectos de agilizar los cálculos de la fórmula se recomienda utilizar los siguientes valores:

- Error permisible: 56g/hab-día
- Confiabilidad: 95%: 1.96
- Desviación estándar: 200 g/hab-día

Estos valores han sido considerados como los más apropiados (Miranda, 2007).

#### A.1. Producción Per Cápita:

Es la producción diaria de residuos sólidos de cada habitante y se determina a partir de un promedio del pesaje de las bolsas entre el número de habitantes de las viviendas.

La unidad de expresión es el kilogramo por habitante por día (Kg/hab/día). Así, los estudios realizados muestran la producción per cápita de residuos sólidos en el Perú, que varía de 0.24 a 1.0 kg/hab./día, dependiendo de las características del lugar, que en promedio es 0.54Kg/hab/día. (OPS-OMS, 1998 y CONAM, 2001 Y OACA, 1992).

Según la UNALM – “Gestión de residuos sólidos”, 2004 y CONAM 2001. La producción per cápita se determina mediante la siguiente fórmula:

$$PPC = \frac{Kg_{dia1} + Kg_{dia2} + Kg_{dia3} + Kg_{dia4} + Kg_{dia5} + Kg_{dia6} + Kg_{dia7}}{Hab_{dia1} + Hab_{dia2} + Hab_{dia3} + Hab_{dia4} + Hab_{dia5} + Hab_{dia6} + Hab_{dia7}}$$

#### A.2. Caracterización de los RR.SS.

##### a. Característica física:

Es fundamental conocer algunas de las propiedades físicas de los residuos sólidos urbanos para prever y organizar los sistemas de recogida de basura,

los tratamientos finales de reciclado o eliminación, así como para decidir cuáles son los sistemas de segregación más apropiados en el caso de los residuos que generen riesgos especiales para el medio ambiente.

- **Grado de Humedad:**

La humedad se encuentra presente en los residuos urbanos en un porcentaje aproximado del 40% en peso; si bien es cierto que puede oscilar entorno al 25% y el 60%. La máxima aportación de humedad la proporcionan aquellos despojos que contienen materia orgánica, mientras que la mínima la aportan los productos de naturaleza sintética. Esta característica debe de ser tomada en cuenta por su importancia en los procesos de compresión de residuos, producción de lixiviados, transporte, procesos de transformación, tratamientos de incineración o de recuperación energética, y procesos de separación de residuos en la correspondiente planta de reciclado.

- **Peso específico:**

La densidad de los residuos urbanos tiene vital importancia para calcular las dimensiones de los recipientes de pre-recogida, tanto de los domicilios privados como de las vías públicas (calles, avenidas, plazas, parques, etc.), así como también es un factor básico que determina los volúmenes de los equipos de recogida y transporte, tolvas de recepción, cintas o capacidad de vertederos. La densidad puede variar dependiendo del grado de compactación al que se encuentran sometidos los residuos. La reducción de volumen está presente en todas las fases de la gestión de los residuos y se emplea para optimizar la operación, ya que el gran espacio que ocupan es uno de los mayores problemas a los que se enfrentan las plantas encargadas de su procesamiento.



- **Granulometría:**

El grado de segregación de los materiales y el tamaño físico de los componentes elementales de los residuos urbanos, representan un valor imprescindible para el cálculo de las dimensiones en los procesos mecánicos de separación y, especialmente, para escoger cribas, tromeles y artilugios similares que basan su trabajo, consistente en la separación, en el tamaño.

**b. Característica química:**

Conocer con exactitud las propiedades químicas de los residuos urbanos es un hecho de suma importancia en el tratamiento de estos, puesto que estas propiedades son determinantes para los procesos de recuperación y tratamiento final. Probablemente sean el poder calorífico y el porcentaje de cenizas producidas las características químicas que mayor importancia revisten, ya que son esenciales en los procesos de recuperación energética. Aunque tampoco se deben de subestimar propiedades como la eventual presencia de productos tóxicos, metales pesados o contenido de materiales inertes, debido a la importancia que tienen respecto al diseño de soluciones adecuadas en los procesos de recuperación y para la toma de precauciones higiénicas y sanitarias.

- **Composición química:**

Para determinar las características de recuperación energética y la potencialidad de producción de fertilizantes con la adecuada relación carbono/nitrógeno, es preciso estudiar la composición de cada residuo. También es necesario determinar la presencia y concentración de residuos tóxicos y peligrosos para evaluar el riesgo que puede entrañar su manejo.

**- Poder calorífico:**

Las características calorimétricas de los residuos urbanos determinan el diseño de las instalaciones que deben instalarse y la recuperación energética. La valoración, que es fruto de la propia variabilidad de la composición de los residuos, viene predefinida por el poder calorífico de cada producto.

A grandes rasgos, se puede estipular que el poder calorífico de la totalidad de los residuos urbanos se sitúa en torno a los 1.500 y 2.200 kcal/kg. Otro valor de gran interés es la temperatura de fusión y solidificación de las cenizas procedentes de la combustión de estos materiales, fundiéndose estas a la temperatura de 1.200°C.

**A.3. Densidad de los Residuos Sólidos:**

Según la UNALM – “Gestión de residuos sólidos”, 2004 y CONAM 2001. La densidad de los residuos sólidos se determina mediante la siguiente fórmula:

$$S = \frac{w}{V} = \frac{w}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 (H - h)}$$

Donde:

- S = Densidad de los residuos sólidos.
- w = Peso de los residuos sólidos.
- V = Volumen del residuo sólidos.
- D = Diámetro del cilindro.
- H = Altura total del cilindro.
- h = Altura libre de residuos sólidos.
- $\pi$  = Constante (3.1416).

#### A.4. Composición de Residuos Sólidos:

Según Seoáñez (2000); menciona que la composición de residuos sólidos urbanos depende básicamente de los factores como:

- El nivel de vida de la población.
- Actividad de la población.
- Climatología general de la zona.

Además estos factores varían de acuerdo al desarrollo del país, a medida que asciende el nivel de vida descende el porcentaje de residuos orgánicos, aumentando el papel, los plásticos, los metales y el vidrio.

**Cuadro N° 1.1: Composición de residuos sólidos municipales del Perú:**

<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>T/Día</b>
Papel	6.49	842.81
Cartón	0.97	125.97
Plásticos	4.30	558.41
Vidrios	3.39	440.23
Metales ferrosos	2.20	285.70
Metales no ferrosos	0.16	20.78
Textiles y trapos	1.56	202.58
Cueros y caucho	0.30	38.96
Maderas	0.93	120.77
Otros	25.20	3272.53
Orgánicos	54.50	7077.49
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>12,986.23</b>

Fuente: FONAM, 2008.

Según la UNALM – “Gestión de residuos sólidos”, 2004 y CONAM 2001. La composición de los residuos sólidos se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje \%} = \frac{(P_i)100}{W_t}$$

Donde:

Pi = Peso de cada Componente de los residuos.

Wt = Peso total de los residuos recolectados.

### **B. Almacenamiento:**

Según UNALM – “Gestión de residuos sólidos” (2004): Los residuos sólidos son tratados y dispuestos en sitios alejados de su punto de generación. El envío de los residuos sólidos a esas áreas implica una fase interna (bajo la responsabilidad del generador) y externa (servicios de limpieza, responsabilidad de las administraciones municipales).

En la etapa que precede la recolección externa, los residuos deben ser colocados en sitios y recipientes adecuados, para evitar:

- Accidentes (residuos contaminantes).
- Proliferación de insectos (moscas, ratas y cucarachas) y animales indeseables y peligrosos.
- Impacto negativo sobre la vista y el olfato.
- Heterogeneidad (en el caso de que haya recolección selectiva).

### **C. Recolección:**

Son actividades del servicio público municipal, muy a la vista de la población, que impiden el desarrollo de vectores transmisores de enfermedades, los que

encuentran alimento y protección en los residuos sólidos (UNALM – “Gestión de Residuos Sólidos” - 2004).

#### **D. Transporte:**

Es el transporte mecánico desde el punto de generación al destino final. Este servicio se caracteriza por la intervención de los ciudadanos los cuales deben acondicionar los residuos sólidos adecuadamente y sacarlos a la calle en los días, sitios y horarios pre establecidos, para esta actividad se puede utilizar diferentes tipos de vehículos (UNALM – “Gestión de Residuos Sólidos”, 2004).

Es el transporte de residuos sólidos se realizan del lugar de origen a los centros de tratamiento, que se pueden realizar con el propio vehículo de recogida, camiones procedentes de las estaciones de transferencia, etc. (Seoáñez, 2000).

#### **E. Tratamiento:**

Según UNALM – “Gestión de Residuos Sólidos” (2004), se conoce como tratamiento de residuos sólidos a las operaciones que permiten un cambio en su manejo, para utilización o reutilización de los sub productos. Los más usuales son la aplicación de las 3R:

- **Reducción:** Es la más importante de las 3R porque evita la generación excesiva de residuos tanto en cantidad y peligrosidad, algunas de las recomendaciones son: planifica y compra sólo lo necesario; escoge y compra productos con poco empaque o de mayor capacidad; prefiere los productos en envases retornables o al menos reciclables; disminuya el uso de las bolsas plásticas (usa bolsas de tela); escribe, imprime o fotocopia solo lo necesario y usando ambos lados de la hoja.

- **Reuso:** Lo que para unos es basura, para otros es un recurso. Muchos materiales o productos desechados pueden ser reutilizados para su función original o para otros usos, algunas recomendaciones: mantén y repara los artículos que aún se puedan utilizar, utiliza el papel que ha sido utilizado por un solo lado (block de notas); realiza manualidades con algunos residuos; las bolsas de papel y plástico pueden ser usadas varias veces; vende o dona los artículos que no usas, no las botes; busca, darle otro uso a los envases o materiales que ya no utilizas.
- **Reciclaje:** Consiste en el aprovechamiento de los residuos para fabricar nuevos productos y, al igual que la reducción y el reuso, debe iniciarse desde el lugar de generación, algunas recomendaciones: separa los residuos que generas en dos grupos (reciclables y no reciclables); promueve la recolección selectiva en todo lugar; en la medida de lo posible recicla el papel y el cartón en forma artesanal; elabora compost (abono orgánicos) aprovechando los residuos de comidas, jardinería, etc.

Según Seoáñez (2000); una vez que han sido transportados a los centros de tratamiento, los residuos urbanos pueden ser sometidos a cualquiera de los siguientes procesos:

- Rellenos Sanitarios.
- Recuperación de productos.
- Reciclado.
- Transformación integral.

El tratamiento según este autor incluye las 6R: responsabilizarse, reconsiderar, reducir, reemplazar, reutilizar, reciclar.

Cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente (Dirección General de Salud Ambiental, 2004).

#### **F. Transferencia:**

Según UNALM – “Gestión de Residuos Sólidos” (2004), es un conjunto de equipos e instalaciones donde se lleva a cabo el trasbordo de residuos sólidos de vehículos recolectores a vehículos de gran capacidad de carga, para transportarlos hasta lugares de disposición final, con la cual se economiza, acortan el recorrido de vehículos recolectores, optimiza el transporte de residuos con costos unitarios menores.

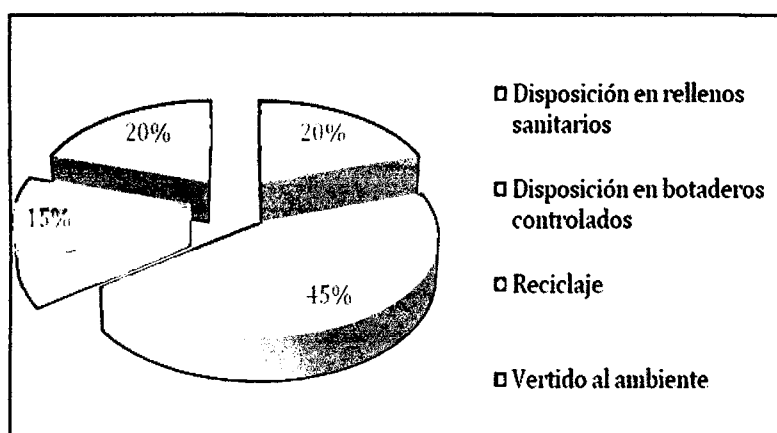
Las estaciones de transferencia tienen como objetivo básico el ahorro en el transporte y alargar la vida de los vehículos de recogida (Seoáñez, 2000).

Es la instalación en la cual se descargan y almacenan temporalmente los residuos sólidos de los camiones o contenedores de recolección, para luego continuar con su transporte en unidades de mayor capacidad (Dirección General de Salud Ambiental, 2004).

#### **G. Disposición final:**

Procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura (Dirección General de Salud Ambiental, 2004).

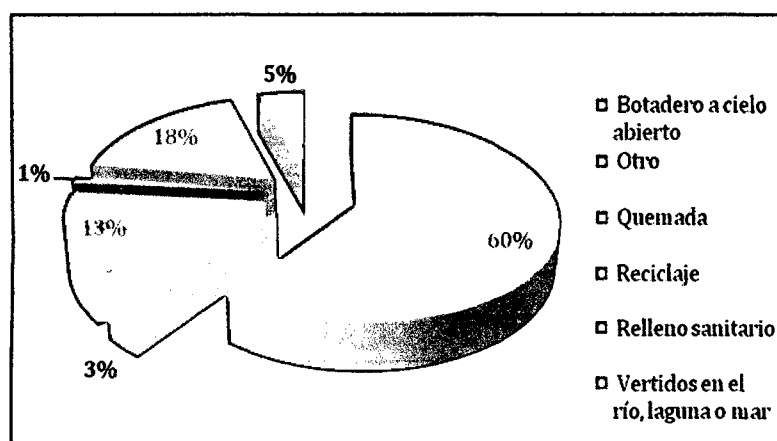
Según el Ministerio del Ambiente, 2008, la generación de los residuos sólidos a nivel nacional es de 30,061. T/día, y su disposición final es como se muestra en el Gráfico 1.1.



Fuente: FONAM, 2008.

Gráfico 1.1: Disposición final de residuos sólidos – Perú.

Según la información consignada por el INEI (2008), la disposición final de los residuos sólidos en el departamento de Ayacucho es: Gráfico 1.2.



Fuente: INEI, 2008.

Gráfico 1.2: Disposición final de residuos sólidos en el departamento de Ayacucho.

## 1.2. LOMBRIZ DE TIERRA ROJA CALIFORNIANA - *Eisenia foétida*:

La lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*) es la lombriz más conocida y empleada en más del 80% de los criaderos del mundo. Se la conoce como



“lombriz roja californiana” porque durante la década de 1950 en el estado de California (EE.UU.) se descubrieron sus propiedades para el ecosistema y se instalaron los primeros criaderos.

#### **1.2.1. Taxonomía de las Lombrices roja californiana:**

Los principales estudios fueron realizados por Ferruzzi (1987) y Lund (1987), presenta la siguiente clasificación taxonómica, tomando como ejemplo a la *Eisenia foétida*.

Reino	:	Animal
Tipo	:	Anélida (cuerpo anillado)
Clase	:	Oligoqueta (anillos con pocas cerdas)
Familia	:	Lumbricidae
Género	:	Eisenia
Especies	:	<i>Eisenia foétida</i> (lombriz de tierra)

#### **1.2.2. Características externas:**

La forma del cuerpo es cilíndrico y alargado ligeramente reprimido posteriormente; el lado ventral es aplanado y más pálido que la superficie dorsal. No tienen cabeza diferenciada; el color del cuerpo no siempre lo determina el pigmento de la piel, sino a veces la sangre o el contenido del intestino, lo cual trasluce a través de las paredes del cuerpo. El cuerpo de la lombriz adulta está dividido en 115 a 200 segmentos o anillos llamados somitas, los cuales están separados por los denominados surcos transversales. La boca está en el primer somita, con un lóbulo carnoso que sobresale delante de ella, el prostomio y el ano, oval y vertical, en el último somita. El clitelo es un claro abultamiento glandular existente en los somitas XXXII-XXXVII, segrega una sustancia que forma un capullo para la

copulación y para alojar a los huevos fecundados. Cada somita, excepto el primer y el último poseen cuatro pares de diminutas quetas en forma de cerdas que sobresalen ligeramente en las superficies ventral y lateral.

Además de la boca y el ano, en la superficie del cuerpo existen numerosas pequeñas aberturas: 1) El poro dorsal, que comunica la cavidad del cuerpo y al exterior en posición dorsal media en el borde anterior del surco de cada somita, desde el VIII o IX hasta el extremo anal; 2) El nefridioporo o abertura excretora, en posición lateroventral a cada lado de todos los somitas, excepto en los segmentos I-III y el último ; 3) las cuatro siguientes aberturas de los receptáculos seminales a los lados de los surcos entre los somitas IX-X y X-XI, 4) las aberturas de los oviductos, ventralmente en XIV; y 5) Las aberturas de los conductos espermáticos, pares que se hallan situados ventralmente en el XV (Storer y Lund: citado por León, 1991).

Ferruzi (1987), señala que la talla promedio de la lombriz adulta de la *Eisenia foétida* es de 8-10 cm.; su diámetro mayor oscila entre los 3 y 5 mm; es de color rojo vinoso.

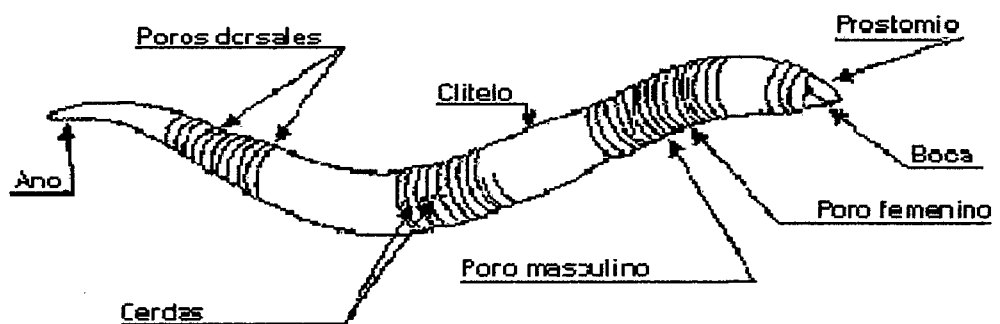


Grafico 1.3: Característica externa de la lombriz.

### **1.2.3. Alimento de las Lombrices:**

Las lombrices comen cualquier sustancia orgánica en descomposición y son particularmente golosas por los azúcares y la celulosa (Barnes, 1968).

Gonzales, citado por León (1991); demuestra que los insumos empleados en la alimentación de las lombrices criadas en las condiciones del cautiverio, pueden ser: estiércol de vacuno, detritus humano, residuos domiciliarios, chala, rastrojos de cosecha, desechos de la industria papelera, residuos de las industrias alimentarias, etc. Sin embargo se manifiesta que los ingredientes más recomendables y para preparar el alimento de las lombrices son el estiércol de vacuno y los residuos vegetales. Debido a que el alimento de la lombriz, es una fermentación aeróbica del material orgánico vegetal y animal en la que intervienen microorganismos; se deberán tener muy en cuenta los factores que influyen positiva o negativamente sobre la actividad de estos organismos, tales como: la temperatura, humedad, disponibilidad de oxígeno y de nutrientes, ésta última va a estar dado por la composición química de los residuos orgánicos usados (Novax, 1990).

De todo lo expresado, se desprende que es muy importante conocer ampliamente las características de los insumos que se van a utilizar, puesto que finalmente, el vermicompost dependerá del tipo del alimento empleado.

### **1.2.4. Preparación del Alimento:**

Se debe considerar que cuando los materiales orgánicos a usarse ya están mezclados en proporciones convenientes, existen factores que deberán ser tomados en cuenta:

1. La temperatura, no deberá ser mayor de los 40°C; ya que las altas temperaturas quemarían ciertas sustancias orgánicas presentes, que

- disminuiría la calidad de materia orgánica del humus. Para evitar que las altas temperaturas permanezcan mucho tiempo, el alimento deberá voltearse constantemente para permitir el ingreso del aire.
2. La humedad, para la fermentación aeróbica debe fluctuar entre los 50 a 60°C; cuando el alimento está saturado de humedad, no hay suficiente oxígeno para poder mantener la población de los microorganismos aeróbicos.
  3. La oxigenación, es importante porque el tipo de fermentación del alimento aeróbica. El oxígeno es básico para la proliferación de los microorganismo, ya que realizan la respectiva fermentación; siendo recomendable airear constantemente el alimento volteándolo cada 2 a 3 días.
  4. El pH, deberá estar cercano a la neutralidad, pues las lombrices para efectuar sus principales actividades vitales requieren este rango de pH.
  5. La disponibilidad de nutrientes, por cuanto los microorganismos necesitan del nitrógeno, carbono y elementos esenciales para el buen metabolismo. Es importante tener una fuente abundante de nitrógeno disponible por ser imprescindible para el crecimiento y metabolismo de los microorganismos.

El alimento de las lombrices estará listo para ser utilizada cuando presenta las siguientes características:

- pH (6.5 a 8.5)
- Humedad (75%)
- Temperatura estabilizado entre 20 a 25°C

### **1.2.5. Densidad Poblacional:**

La densidad poblacional es muy importante, sobre todo si las lombrices se mantienen en cautiverio; asimismo, indica que si incrementamos la densidad poblacional, manteniéndola el volumen constante del alimento, el crecimiento y la reproducción se verán afectadas negativamente (Lund, 1987).

Ferruzi (1987), manifiesta que la densidad poblacional, también depende del valor nutritivo del alimento suministrado a las lombrices.

Una explotación se puede iniciar con una densidad poblacional de 2,500 lombrices/m<sup>2</sup>, sin embargo, en las explotaciones intensivas con fines comerciales, se pueden usar grandes cantidades hasta las 50,00 lombrices/m<sup>2</sup> con un espesor del lecho que varía de 15 a 25 cm. (Vásquez: citado por León, 1991).

León (1991) encontró mejores resultados con la densidad poblacional de 2,500 lombrices/ m<sup>2</sup>.

### **1.3. GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS:**

Según UNALM – “Gestión de Residuos Sólidos” (2004), se considera como gestión de los residuos sólidos a la selección y aplicación de técnicas, tecnología y programas de gestión idóneos para lograr metas y objetivos específicos. Es el conjunto de procedimientos y políticas que conforman el sistema de manejo de los residuos sólidos. La meta es realizar una gestión ambiental y económicamente adecuada.

La gestión de residuos sólidos en el país tiene como finalidad su manejo integral y sostenible, mediante la articulación, integración y compatibilización de las políticas, planes, programas, estrategias y acciones de quienes

intervienen en el a gestión y en el manejo de los residuos sólidos (CONAM, 2000).

La contaminación por residuos sólidos representa uno de los grandes problemas que enfrentan las ciudades, acentuada por la crisis económica de los gobiernos locales y la debilidad institucional para superar la alta morosidad de la población por los servicios de limpieza pública; además la débil conciencia sanitaria y escasa participación ciudadana generan grandes resistencias para superar los impactos negativos que originan por el inadecuado almacenamiento, recolección y disposición final de los residuos sólidos.

La existencia de los residuos sólidos se ha constituido como uno de los principales factores que está incrementado daños a la salud y la contaminación del medio ambiente.

Como medida reguladora es necesaria la inserción del sistema de gestión de los residuos sólidos para garantizar el bienestar de la población, protección ambiental y mejorar la calidad de vida humana.

Es fundamental que las autoridades competentes consideren y afronten de manera racional y con decisión la gestión de los residuos sólidos, teniendo en cuenta el bajo nivel de educación ambiental de la comunidad, su escasa conciencia ambiental, su capacidad y deseo de pago del servicio del aseo público, implicancias de la falta de segregación, el tipo de tratamiento y disposición final, costos de los procesos de recolección, transporte, tratamiento y eliminación.

### **1.3.1. Leyes y Reglamentos:**

En el Perú, en el año 1994 se creó el **Consejo Nacional del Ambiente**, mediante Ley 26410 como ente rector de las políticas del ambiente. En el año 1998, éste impulsó junto con el Ministerio de Salud y otras instituciones públicas y privadas, un diagnóstico sobre la situación de los residuos sólidos. Los resultados llevaron a priorizar la elaboración de un marco normativo nacional.

#### **A. Ley General de Residuos Sólidos 27314:**

En el año 2000, se promulgo la Ley General de Residuos Sólidos 27314, como resultado de un proceso en el cual participaron expertos de diferentes instituciones de la sociedad civil. Establece la responsabilidad de la gestión de los residuos sólidos en el ámbito de su jurisdicción a las Municipalidades Provinciales y Distritales, las que están obligadas a planificar la gestión integral de los residuos sólidos, establecer los planes de manejo y compatibilizar con las políticas de desarrollo local y regional (Art. 9° y 10°).

Además, establece la necesidad de la formulación de los Planes Integrales de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos (PIGARS) a cargo de las municipales provinciales, quienes deben emitir sus informes anuales de manejo de residuos sólidos al CONAM.

#### **B. Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos:**

En el año 2004 fue aprobado el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, mediante Decreto Supremo N° 057-2004-PCM. Asegura que la gestión y el manejo de los residuos sólidos sean apropiados para prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la persona humana. Establece que las autoridades

competentes de la gestión y manejo de los residuos corresponden a las siguientes autoridades de conformidad a sus respectivas competencias establecidas por la Ley:

- Consejo Nacional de Ambiente.
- Ministerio de salud.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Ministerio u organismo reguladores o de fiscalización contemplados en el artículo 6° de la Ley.
- Dirección general de capitanías y Guardacostas del Ministerio de Defensa.
- Municipalidades provinciales y distritales.

### **C. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y su Reglamento:**

En el junio del año 2005, se promulgó la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, y su Reglamento (D.S. N° 008-2005-PCM). A partir de estas normas, se inició un proceso de fortalecimiento de las herramientas de gestión ambiental y de los mecanismos de coordinación y acción conjunta de las distintas entidades públicas y no públicas abocadas a la gestión ambiental.

En el mismo año se aprobó el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PIGARS).

#### **1.3.2. Problemática General de los Residuos Sólidos:**

En la actualidad, el aumento de los residuos sólidos se debe al crecimiento poblacional con hábitos de consumo inadecuados y educación ambiental



precaria, procesos migratorios desordenados, flujos comerciales insostenibles, inadecuado manejo de gestión de residuos sólidos por parte de algunas municipalidades, entre otras.

Según FONAM (2005), la población peruana, existe un alto crecimiento urbano causando una cantidad de residuos de 0.529 Kg./hab./día, aproximadamente. La composición de los residuos expresa una alta cantidad de materia orgánica con un 54.3% en peso, mientras que los papeles altamente reciclables como el papel, cartón, plásticos, metales, textiles, cueros, cauchos y maderas representan el 20.5 % y el resto de materiales no reciclables constituyen el 25.2 % en peso.

De acuerdo a la ley de residuos sólidos, se establece que las municipalidades son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a estos, en todo el ambiente de su jurisdicción. Sin embargo, el tratamiento de los residuos sólidos es aún muy bajo, del 100% de residuos sólidos municipales generados se dispone en rellenos sanitarios el 19.7% y en botaderos controlados el 46%, se recicla el 14,7% y se vierte al ambiente el 19,6%.

La cobertura de recolección de residuos sólidos municipales alcanza al 73,7%. Sólo el 65,7% de residuos generados a nivel municipal reciben alguna forma de disposición final, es decir aproximadamente el 8, 531.95 toneladas diarias, de las cuales el 30% se disponen en rellenos sanitarios mientras que el otro 70% se disponen en botaderos con un control precario.

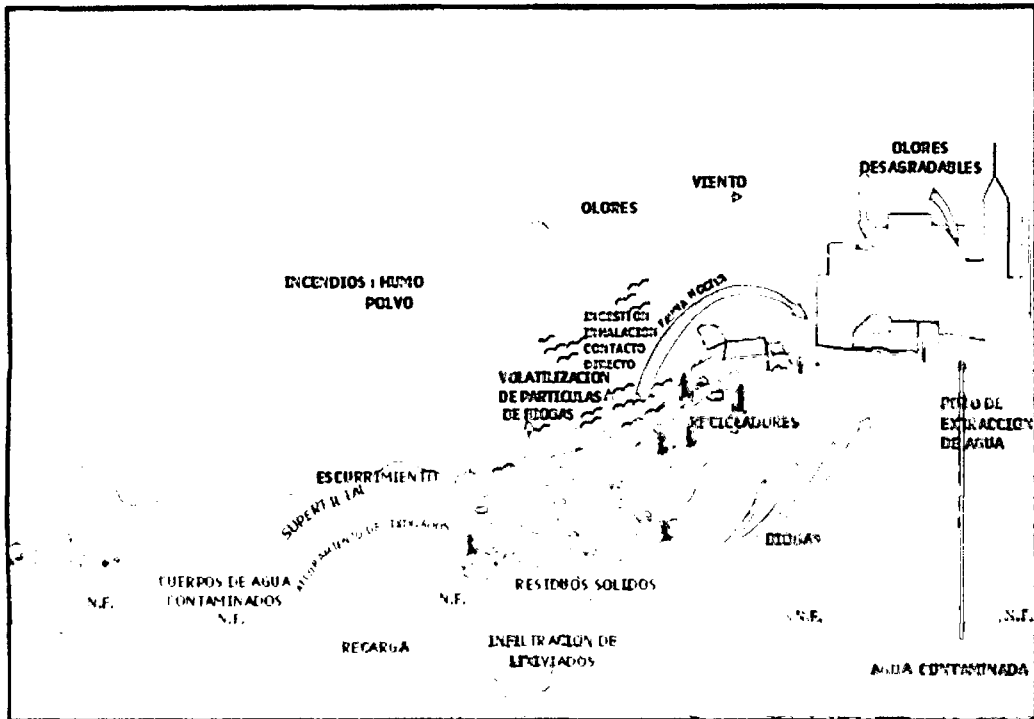


Grafico 1.4: Impactos Ambientales de residuos sólidos mal dispuestos.

### 1.3.3. Gestión Integral de los Residuos Sólidos.

Según la definición del Convenio IDEAM – UNICEF – CINARA (2006); la gestión integral de residuos sólidos es la selección y aplicación de métodos y tecnologías para darle un manejo adecuado a los residuos generados por las actividades del hombre, con el fin de minimizar el impacto sobre el medio ambiente y la salud pública. En general maneja cuatro principios, los cuales a la vez se relaciona entre sí:

- **Reducción en el origen:** Es la forma más eficaz de reducir la cantidad y toxicidad de los residuos sólidos, el costo asociado a su manipulación y a los impactos ambientales y sanitarios que producen.
- **Aprovechamiento y valorización:** Comprende a la recuperación de los residuos sólidos para obtener de estos un beneficio económico y ambiental; implica desde la separación y recolección de los materiales

residuales en su lugar de origen, hasta la obtención de productos que pueden ser empleados como fuente de energía.

- **Tratamiento y transformación:** Implica la alteración física, química o biológica de los residuos, disminuyendo su volumen y acondicionándolos para su disposición final.
- **Disposición final controlada:** Componente final del manejo de los residuos sólidos, donde se depositan técnicamente los materiales que no tienen ningún valor económico, de forma tal que no representen riesgos para la salud y el medio ambiente.

#### **1.3.4. Compostaje:**

Compagnoni (2001), el proceso de transformación es lo que comúnmente se denomina compostaje.

La particularidad fundamental del compostaje es que está basado en una sucesión de procesos fermentativos producidos por agentes microbianos.

En la masa orgánica que constituye el lecho de la lombriz existe una población microbiana cuantiosa, constituida principalmente por bacterias, hongos microscópicos y actinomicetos. La población fúngica desempeña un papel preponderante en la fase inicial de los procesos de descomposición de los materiales orgánicos; con su actividad saprofítica, los microhongos atacan las ligninas y las celulosas, transformándolas en carbohidratos simples u oligosacáridos.

Durante esta fase, al no existir todavía en el substrato suficientes cantidades de carbohidratos fermentables, las bacterias permanecen numéricamente limitadas y metabólicamente latentes, por lo que se produce un desarrollo preponderante de los micromicetos. Sin embargo, tan pronto como la

microflora bacteriana inicia su actividad vegetativa, disminuye el pH del substrato y los microhongos se encuentran ante un hábitat que comienza a serle desfavorable.

El efecto inmediato es que dejan de proliferar, si bien no desaparecen por completo.

Lo que en esta situación ocurre es que la célula fúngica intenta contrarrestar la supremacía de las bacterias mediante la producción de sustancias antibióticas dirigidas contra la célula bacteriana.

Pero esta acción antibiótica no logra prevalecer debido a que el número de bacterias es muy elevado y, además, porque el pH continúa evolucionando hacia valores cada vez más apropiados para favorecer su vitalidad.

Entonces, el microhongo intenta hallar un aliado en el vegetal superior: secreta sustancias típicamente estimulantes para el aparato radical de la planta al objeto de inducirla a emitir exudados que modifiquen el pH del suelo en sentido opuesto al que ha inducido la actividad bacteriana.

Este mecanismo, que es un fenómeno que típicamente tiene lugar en el suelo (o sea, en el compostaje natural que se verifica en el terreno), se produce también en su totalidad en los cúmulos de compostaje artificial.

Tanto los microhongos como gran parte de las bacterias, aunque son disociantes en lo que respecta al pH, poseen una condición que los iguala: un mismo nivel medio de temperatura. Es decir, son, ecológicamente hablando, mesófilos: prosperan y viven con factores medios de temperatura ambiental.

Así pues, en la contienda desarrollada entre bacterias y microhongos se ha llegado a la transformación de las celulosas y hemicelulosas en azúcares

simples, en cuanto a las ligninas, sólo se ha producido de momento la separación de las moléculas celulósicas, pero las moléculas de compuestos aromáticos integradas en el complejo lignítico aún no han sido transformadas.

Para esta fase del proceso son más indicados particularmente los actinomicetos, los cuales, en colaboración con otros grupos bacterianos, procederán a completar la humificación con la policondensación de ácidos húmicos, en la fase que corresponde a esta fermentación se verifican una serie de reacciones exotérmicas que elevan la temperatura de la masa orgánica.

Este fenómeno puede observarse en los estercoleros, cuando el estiércol de vacuno "humea". En estas condiciones, la masa orgánica alcanza una temperatura media de hasta los 70°C.

Esta elevación térmica no representa ningún problema para los actinomicetos ni para una parte de las bacterias, ya que son termófilos, en cambio, para gran parte de los microhongos este nivel de temperatura no es adecuado. Se produce con ello la eliminación de todos los microorganismos mesófilos. Los microhongos prácticamente mueren, se rompe la membrana celular y el contenido citoplásmico se difunde en el medio.

Algunos componentes interiores de la célula (antibióticos, fitohormonas, fitoauxinas, citoquininas, etc.), a estas temperaturas, quedan inactivados y descompuestos, con lo que pierden su preciosa actividad bioestimulante. El resultado es que en todos los tipos de compost en general (estiércol de vacuno, compost de desechos urbanos, de barros de depuradora, etc.) se

aprecia un nivel aceptable de ácidos húmicos, pero se constata la carencia de bioestimulante.

Ahora bien, cuando el biocompostaje microbiano-enzimático se asocia a la acción de la lombriz, el fenómeno queda automáticamente "corregido".

#### **1.3.5. Vermicompost:**

El vermicompost es el producto final de la descomposición de la materia orgánica, esto es básicamente la mineralización y resíntesis de las sustancias orgánicas en complejos coloidales amorfos, es la fracción más estable de la materia orgánica. El vermicompost, se puede definir desde diversos ángulos, estructuralmente, por su composición y características más destacadas, así como por su efecto en las propiedades del suelo.

El humus es el coloide carente de estructura cristalina, es decir es amorfa, muy compleja esencialmente de naturaleza lignoproteica, de elevado peso molecular, polímera y sin organización biológica, de color oscuro con una relación C/N aproximadamente entre 10 a 12, posee una elevada CIC (30–400mg/100g), generalmente de reacción ácida (Aguirre: citado por León, 1991).

Las lombrices de tierra mineraliza enzimáticamente la materia orgánica en el primer tercio de su aparato digestivo, luego la humifican en la parte posterior del intestino por la acción de los microorganismos presentes en esta sección intestinal (León, 1991).

Ferruzi (1987), sostiene que el humus es un producto orgánico que vienen a significar un beneficio para el hombre y su medio, tanto económico como ecológico, ya que se obtiene un producto químicamente estable que regula

la dinámica de la nutrición vegetal, actuando como uno de los fertilizantes de mejor calidad entre las existentes.

El vermicompost, contienen el nitrógeno mineralizado y también posee gran cantidad de bacterias fijadoras del nitrógeno atmosférico (azotobacter), incrementando aún más la concentración de este mineral necesario para los procesos de la síntesis proteica (León, 1991).

La lignina es muy importante para la producción del humus la degradación de la compleja molécula de lignina está realizada por ciertos microorganismo que poseen enzimas especializadas para degradar la lignina (de molécula compleja hasta moléculas más simples), para llegar a los compuestos fenólicos. Estos compuestos fenólicos pueden ser empleados directamente por la planta, dándole muchos beneficios a ésta, así como mayor resistencia a las enfermedades y condiciones ambientales adversas o pueden seguir siendo degradadas hasta sustancias húmicas, las cuales le dan ciertas propiedades benéficas al humus (Adlei: citado por León, 1991).

Aguirre, citado por León (1991); el efecto del vermicompost y la materia orgánica en las propiedades del suelo, refiere que éstos cumplen un rol trascendental, al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos.

**Propiedades químicas:**

- Incrementa el CIC, materia orgánica en forma de humus, posee entre 30-400meq/100g, según se trate de suelos ácidos o alcalinos.
- Incrementa la disponibilidad del N, P, S, fundamentalmente del N a través del lento proceso de mineralización.

- Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente la del nitrógeno.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder tampón.
- Inactiva los residuos de las plaguicidas, debido a su capacidad de adsorción.

**Propiedades físicas:**

- Mejora la estructura, dándole soltura a los suelos pesados y compactos, siendo ligazón de los suelos sueltos y arenosos; por consiguiente mejora la porosidad.
- Mejora la permeabilidad y aireación de los suelos.
- Incrementa la capacidad retentiva de la humedad.
- Reduce la erodabilidad de los suelos.
- Confiere color oscuro al suelo, ayudando a la capacidad retentiva de la energía calorífica.

**Propiedades biológicas:**

- La materia orgánica constituye el sustrato por ser la fuente energética de la actividad microbiana.
- Al existir las condiciones óptimas del pH, aireación, permeabilidad y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana.

El humus también contiene hormonas vegetales (fitohormonas) esenciales para el crecimiento y el desarrollo de las plantas, regulando por ejemplo, el metabolismo del agua en las células vegetales. Las hormonas vegetales han sido extraídas de las lombrices de tierra, sin embargo, los microorganismos presentes en los desechos orgánicos y fangos, también producen hormonas



vegetales, por lo tanto, el humus contiene hormonas con o sin presencia de las lombrices.

A continuación, se presenta el contenido de N, P y K disponibles en el humus de lombriz, Satchel, citado por Lund (1987).

**Cuadro N° 1.2: Contenido de N, P y K disponibles en el humus (Satchel, citado por Lund, 1987):**

<b>ELEMENTO</b>	<b>CONTENIDO (%)</b>
N	1.5 – 4.0
P	1.4 – 5.0
K	0.6 – 2.5

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO:**

La investigación de la caracterización de los residuos sólidos municipales se realizó en el distrito de Ayacucho, que tiene una población de total 100 935 habitantes, una densidad poblacional 11.83 habitantes por hectárea (INEI - Censos Nacionales 2007).

El trabajo de investigación de obtención de vermicompost a partir de los residuos sólidos orgánicos municipales (domiciliarios y mercado) con la lombriz de tierra *Eisenia foétida*, se llevó a cabo en las instalaciones del Área de Investigación en Suelos del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho; a una altitud de 2760 m.s.n.m. en condiciones de medio ambiente y bajo sombra.

### **2.1.1 Ubicación del Experimento:**

El distrito de Ayacucho pertenece geográficamente y políticamente a la jurisdicción a la provincia de Huamanga, región Ayacucho, siendo la ciudad de Ayacucho capital del distrito, la provincia y la región.

El distrito de Ayacucho se encuentra ubicado en la región sur central de los Andes, entre las coordenadas del meridiano de Greenwich:

Latitud Sur : 13° 09' 26"

Longitud Oeste : 74° 13' 22"

Altitud : 2 746 m.s.n.m.

La superficie total del distrito es de 8 529 hectáreas. Según la carta nacional y levantamiento catastral 2004 elaborado por el INEI.

El ámbito territorial del distrito de Ayacucho tiene los siguientes límites:

Por Norte : Distrito de Pacaycasa.

Por el Sur : Con los distritos de Carmen Alto y San Juan Bautista.

Por el Este : Con los distritos de Jesús Nazareno y Tambillo.

Por el Oeste : Con el distrito de San José de Ticllas y Socos.

### **2.1.2 Condiciones Climáticas:**

#### **A. Precipitación:**

La precipitación pluvial, se inicia en el mes de setiembre y concluye en el mes de abril, siendo enero a marzo los meses más lluviosos.

La precipitación promedio mensual alcanza a 50.1 mm y anual 610.39 mm, así mismo la humedad relativa más elevada se registra en el mes de marzo con 70.6% y la más baja en el mes de junio con 51.0% (Plan de desarrollo Distrito de Ayacucho, 2004).

## **B. Temperatura:**

En las estaciones de verano puede alcanzar máximas de 26.1°C durante el día y con una temperatura promedio de 23.6°C.

En la estación de invierno la temperatura diurna alcanza a 22.9°C y pudiendo descender en las noches más frías de 5 a 0°C.

La temperatura normal es de 23.8°C, pero las variaciones anómalas producen incremento que elevan la temperatura y la sensación de calor en la zona urbana del distrito (Plan de desarrollo Distrito de Ayacucho, 2004).

## **C. Clima:**

El clima del distrito de Ayacucho como estado promedio de sus elementos, es templado, seco y saludable con una temperatura promedio anual de 15.3°C, con variaciones entre el día y la noche (Plan de desarrollo Distrito de Ayacucho, 2004).

## **2.2. MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN:**

### **2.2.1. Caracterización de residuos sólidos municipales:**

Los materiales y equipos utilizados para la caracterización de residuos sólidos municipales son:

#### **Materiales:**

- Bolsas de polietileno (0.80x1.00m).
- Guantes, mascarillas, mandiles de plástico, cinta métrica.
- Balanza de 50 kilogramos (romana), balde de 18 litros.
- Movilidad para transporte de los residuos sólidos orgánicos seleccionado.

#### **Personal:**

- 04 caracterizadores.

### **Determinación de la población y muestra:**

Para la determinación de la caracterización de los residuos sólidos en el distrito de Ayacucho, se siguió la metodología establecida por el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), recomendado para la formulación del Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS).

Para la determinación del número de muestra se obtuvo aplicando la fórmula de Kunitoshi:

$$n = \frac{v^2}{\left[ \frac{E^2}{1.96^2} + \frac{v^2}{N} \right]}$$

### **Aplicación de la ecuación:**

Donde:

n= Número de muestras

v= Desviación estándar de la variable Xi (Xi = PPC de la vivienda i) (g/hab-día).

E= Error permisible en la estimación de PPC (g/hab-día).

N= Número total de viviendas del estrato definido.

### **Valores recomendados:**

Para efectos de agilizar los cálculos de la fórmula se recomienda utilizar los siguientes valores:

- Error permisible: 56g/hab-día
- Confiabilidad: 95%: 1.96
- Desviación estándar: 200 g/hab-día

Estos valores han sido considerados como los más apropiados, de acuerdo a la experiencia obtenida en otros estudios (Miranda, 2007).

Tomando como base 25 052 hogares en el distrito de Ayacucho (que representa 100 935 habitantes, según el INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda), el número de muestra para el presente estudio resultaron 49 hogares, pero para tener un margen de respaldo se recomienda aumentar de un 5% a 10% al número total de muestras obtenidas, por lo tanto serán en total 54 viviendas a muestrear.

### **2.2.2. Producción de vermicompost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales:**

Se utilizó los siguientes componentes:

#### **a. Las lombrices:**

En la presente investigación se empleó la lombriz *Eisenia foétida*.

La recolección de la lombriz “roja californiana” (*Eisenia foétida*), se realizó en el Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; se recolectó cuando ya estaba listo el alimento, realizándose preferentemente en la mañana, utilizando envases con alimento.

#### **b. El alimento de las lombrices:**

Para la preparación del alimento se utilizó residuos sólidos orgánicos domiciliarios y residuos sólidos orgánicos de mercado del distrito de Ayacucho y como complemento a ésta se usó la paja de trigo de trigo cosechada y el estiércol de vacuno maduro.

##### **b.1. Residuos Sólidos domiciliarios y de mercado:**

Estas se obtienen “In situ” en los lugares de producción, ya que los residuos sólidos domiciliarios se obtuvieron de las casas, y los residuos sólidos de mercado de los Mercados F. Vivanco, 12 de Abril, Nery García Zárate,

Magdalena, los que se recolectaron en la noche de preferencia, ya cuando se ha realizado la limpieza de los mercados mencionados.



Foto 2.1. RR.SS. Orgánicos domiciliarios picados de tamaños de 1”.

**b.2. Paja de trigo:**

Este material se obtuvo en la Estación Experimental de Canaán, los que son recogidos luego de realizado la cosecha y el respectivo obtención del grano de trigo, la paja de trigo fue de la última cosecha.

Se emplean para acondicionar el material haciéndolo más esponjoso y aireado, facilitando su fermentación.

**b.3. Estiércol de vacuno maduro:**

Este estiércol de vacuno tiene más o menos de 10 a 18 días de haber sido producido por el animal, su consistencia es semipastosa, de color verde oscuro o pardo, su olor es soportable.

## **2.3. TRATAMIENTOS ESTUDIADOS Y ANALISIS QUIMICO:**

### **2.3.1. Preparación de los tratamientos y alimento:**

Los tratamientos T-1 y T-4 corresponden a los RR.SS. orgánicos puros.

El resto de los tratamientos representan la relación de 3:1 (volumen).

Para comenzar a fermentar aeróbicamente es necesario que el sustrato esté fresco, se comienza dándole vuelta 1 ó 2 veces al día y regándole agua (80 % de humedad) para evitar que el sustrato se caliente y propiciar que se multipliquen bacterias aeróbicas que comienzan a degradar el sustrato. Además el volteo facilita que escapen gases que hacen que el sustrato se encuentre alcalino, este trabajo se hace hasta que el sustrato esté maduro.

En el curso de descomposición la mezcla alcanza altas temperaturas (70°C) que matan los gérmenes patógenos. Una acción sucesiva de bacterias y hongos, convierte a la mezcla en una sustancia color castaño oscuro, inodoro y apto para alimentar a las lombrices.

El tiempo que tardará en descomponerse los alimentos antes de darles a las lombrices será de 20 – 45 días (en nuestro caso fue 48 días aproximadamente), y para reconocer si lo fermentado (alimento) es lo ideal para las lombrices se debe realizar la prueba de las 50 lombrices (P50L).

El objetivo de la descomposición en la preparación, es que el alimento se estabilice en un pH de 6.5 a 8.5, humedad 80 % y temperatura 20 a 25 grados centígrados, que es óptima para el desarrollo de las lombrices.

Luego de completado la preparación de alimentos para la lombriz y realizado la prueba de las 50 lombrices (P50L) y se compruebe la aptitud de los alimentos para el proceso de alimentación de la lombriz roja californiana



(*Eisenia foétida*) se realiza un análisis fisicoquímico, para la determinación de los compuestos que ingresan como alimento.

### **2.3.2. Lechos y densidad poblacional:**

Se construyeron 21 unidades experimentales (pozas) de cemento y ladrillo de 0.90 X 0.90 X 0.50 m con una capacidad de 0.25m<sup>3</sup> de alimento/carga. Cada unidad experimental (poza) contó con agujeros para permitir la salida de todo exceso de agua. Dichos lechos estuvieron ubicados en un área protegido por tunales, como también se construyó una cubierta para evitar la insolación directa.

Luego de realizado la prueba de las 50 lombrices (P50L) y comprobado que el alimento ya es apto para la *Eisenia foétida* se procede a colocarlos en el alimento; para lo cual en la presente investigación se usa una densidad poblacional de 500 lombrices maduras (con clitelo) en cada unidad experimental. El volumen de alimento que se tiene luego de la preparación de la misma es de:

- En el T-1 y T-4 se obtuvo 0.0315 m<sup>3</sup> de alimento que le corresponde 394 lombrices.
- En el T-2 y T-5 se obtuvo 0.0405 m<sup>3</sup> de alimento que le corresponde 506 lombrices.
- En el T-3 y T-6 se obtuvo 0.04725 m<sup>3</sup> de alimento que le corresponde 591 lombrices para la inoculación.
- En el T-7, tratamiento testigo se obtuvo 0.162 m<sup>3</sup> de alimento.

Tomando como base los tratamientos T-1 al T-6, el promedio se obtiene 500 lombrices para la inoculación en cada una de tratamientos.

Para la determinación de producción de cápsulas y porcentaje de eclosión de las cápsulas; se usó microlechos (recipientes) de crianza que eran bandejas de polietileno con las dimensiones de 0.11 X 0.09 X 0.12 m. de forma cilíndrica, equivalente a un volumen de 0.0009m<sup>3</sup>, la cual estuvo dotada de suficiente aireación; pero en esta se puso 0.0008m<sup>3</sup> de alimento, usándose 10 lombrices (con clitelo) por cada microlechos.



Foto 2.2. Selección de lombrices para la prueba del alimento

### **2.3.3. Tratamientos estudiados.**

Para la preparación de la materia prima (alimento de lombrices) se colocó los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y residuos sólidos orgánicos de mercados y las combinaciones de los tratamientos con paja de trigo y estiércol de vacuno de la siguiente manera:

**Cuadro Nº 2.1: Descripción de los tratamientos estudiados.**

TRAT.	DESCRIPCION	DETALLE
T - 1	100% de RR.SS. orgánicos domiciliarios.	10 baldes = 0.208m <sup>3</sup>
T - 2	75% de RR.SS. orgánicos domiciliarios + 25% de paja de trigo.	7.5 baldes = 0.156m <sup>3</sup> + 2.5 baldes = 0.052m <sup>3</sup>
T - 3	75% de RR.SS. orgánicos domiciliarios+ 25% de estiércol de vacuno.	7.5 baldes = 0.156m <sup>3</sup> + 2.5 baldes = 0.052m <sup>3</sup>
T - 4	100% de RR.SS. orgánicos de mercado.	10 baldes = 0.208m <sup>3</sup>
T - 5	75% de RR.SS. orgánicos de mercado + 25% de paja de trigo.	7.5 baldes = 0.156m <sup>3</sup> + 2.5 baldes = 0.052m <sup>3</sup>
T - 6	75% de RR.SS. orgánicos de mercado + 25% de estiércol de vacuno.	7.5 baldes = 0.156m <sup>3</sup> + 2.5 baldes = 0.052m <sup>3</sup>
T - 7	75% de estiércol de vacuno + 25% de paja de trigo (testigo).	7.5 baldes = 0.156m <sup>3</sup> + 2.5 baldes = 0.052m <sup>3</sup>

#### **2.3.4. Análisis químico de los tratamientos:**

El análisis químico se realizó utilizando las técnicas rutinarias del Laboratorio de Suelos y Análisis de Foliar, "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la UNSCH, se realizaron los siguientes análisis:

- **Humedad:** Método gravimétrico (secado a 105°C).
- **pH:** Potenciómetro, en una suspensión de agua destilada en proporción de 1:2.5.
- **Materia Orgánica:** Utilizando el Método de Walkley - Black (Oxido reducción), se multiplicó el porcentaje de carbón por el factor 1.724.

- **Nitrógeno Total:** Método Semi Micro Kjeldahl.
- **Minerales (P, K, Ca, Mg, S):** Digestión acida sucesiva (nítrico y perclórica).
- **Fósforo disponible:** Por el método Colorimetría Bray – Kurtz I Modificado.
- **Potasio disponible:** Por el método Turbidimetría: Morgan Peech.
- **Azufre:** Turbidimetría: Massoumi.
- **Calcio y Magnesio:** Por Complexometría, usando como indicador el negro de Eriocromo T y como complexón el EDTA y para el caso del calcio solo con calceína como indicador.

## **2.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO:**

### **2.4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS:**

Se realiza la sensibilización a la población muestra seleccionada, la cual participará en el estudio de caracterización.

La toma de muestra se realizó durante 8 días consecutivos, donde se entregó una bolsa plástica a cada familia participante a cambio de la bolsa con residuos; sin embargo se descartó la muestra tomada el primer día, debido a que se desconoce la cantidad de residuos que se han almacenado en días anteriores. En cada vivienda seleccionada se indicó a que depositen dentro de la bolsa los residuos generados en el día, como consecuencia de la limpieza de los ambientes de su vivienda.

#### **A. Determinación de la producción per cápita de los residuos sólidos**

##### **Municipales:**

Para el análisis de la producción de los residuos sólidos en el distrito de Ayacucho se realizó lo siguiente:

- Las bolsas recogidas de las familias participantes se llevan a la zona acondicionada para realizar la segregación.
- Se pesan todas las bolsas registrándose el peso en el formato correspondiente, así como otros datos.
- Una vez obtenida los pesos totales de residuos de cada día, se calcula la generación por persona de residuos sólidos dividiendo entre la población que participa del estudio.

$$PPC = \frac{Kg_{dia1} + Kg_{dia2} + Kg_{dia3} + Kg_{dia4} + Kg_{dia5} + Kg_{dia6} + Kg_{dia7}}{Hab_{dia1} + Hab_{dia2} + Hab_{dia3} + Hab_{dia4} + Hab_{dia5} + Hab_{dia6} + Hab_{dia7}}$$

#### **B. Determinación de la generación total:**

Tomando como base el valor de generación per cápita de residuos sólidos se estima la cantidad total de residuos generados en la localidad multiplicando el promedio de dicho valor por la cantidad total de habitantes.

#### **C. Determinación de la densidad:**

- Acondicionar un recipiente cilíndrico de 200 litros de capacidad.
- Al azar coger cualquier bolsa de las ya registradas, pesadas y proceder a vaciar el contenido de la bolsa dentro del recipiente; y así coger otras bolsas sucesivamente hasta llenarlo.
- Una vez lleno, levantar el recipiente unos 10 cm. sobre la superficie y dejarlo caer tres veces, con la finalidad de llenar los espacios vacíos en el mismo.
- Medir la altura libre y registrar el dato en el formato correspondiente.

El cálculo de la densidad se realiza haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$S = \frac{w}{V} = \frac{w}{\pi: \left(\frac{D}{2}\right)^2 (H - h)}$$

Donde:

S = Densidad de los residuos sólidos.

w = Peso de los residuos sólidos.

V = Volumen del residuo sólidos.

D = Diámetro del cilindro.

H = Altura total del cilindro.

h = Altura libre de residuos sólidos.

$\pi$  = Constante (3.1416).

#### **D. Determinación de la composición de los residuos sólidos:**

Para la determinación de la composición de los residuos sólidos se sigue el siguiente proceso:

1. La muestra de residuos sólidos del día, se coloca sobre plástico a fin de no agregar tierra procediendo el vaciado de las bolsas.
2. Se homogenizó la muestra mezclándolo.
3. El montón se dividió en cuatro partes y se escogió las dos partes opuestas para formar otra muestra representativa más pequeña.
4. La muestra obtenida se volvió a mezclar y se dividió en cuatro partes (Método del Cuarteo), escogiéndose las dos partes opuestas y se formó otra muestra más pequeña. esta operación se repitió hasta obtener una muestra de 20 kilogramos.
5. Se procedió a segregar los componentes del montón último y se clasificó de acuerdo a lo siguiente.
  - Materia orgánica: (restos vegetales en estado crudo, estiércol de vacuno de animales, granos, aserrín, ceniza).
  - Restos de comida: (residuos de animales, vegetales, que están cocinados, sangre, vísceras).

- Papel, cartón: (papeles blancos, papeles de cuadernos, cartones de cajas, de pastas dentales, similares, etc.).
- Plástico: (bolsas plásticas, sacos de arroz, envases gaseosos, de champús, baldes, tapas, plásticos y similares).
- Metales, alambres, latas: (alambres de corriente, cucharas, fierros, envases de leche, de conservas y similares).
- Vidrio: (vidrio transparente de botellas, vasos y similares).
- Pilas, baterías: (pilas pequeñas 2AA).
- Madera: (trozos de madera sin pintura).
- Tetrapak: (envases de frugos, leche)
- Textiles: (retazos de telas, de chompas, polos, similares)
- Huesos: (huesos pescado, pollo y similares).
- Residuos del baño: (papel higiénico, pañales, toallas higiénicas, todo proveniente del servicio higiénico y similar).
- Tierras: (piedras, arenas, restos de tierra, etc.)
- Otros: (sandalias, zapatos viejos, platos descartables, jébe, ramas muy gruesas, forros de cuadernos plastificados, cueros, etc.)

6. Una vez obtenido el peso total de cada componente y el peso total de los residuos generados, se procede a procesar los resultados, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje \%} = \frac{(Pi)100}{Wt}$$

Donde:

Pi = Peso de cada Componente de los residuos.

Wt = Peso total de los residuos recolectados.

7. El trabajo debe realizarse con la mayor rapidez posible ya que durante la operación de clasificación, la basura va perdiendo humedad.
8. El procedimiento se repetirá durante los 7 días, en cada muestreo de residuos recolectados.

#### **2.4.2. Obtención de vermicompost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales:**

##### **A. Producción de cápsulas de *Eisenia foétida* (microlechos - muestra):**

En los recipientes se procedió al llenado con el alimento, luego 10 unidades de lombrices, en estas condiciones fueron dotadas de aireación y humedad adecuada. Se utilizó 21 microlechos (7 tratamientos con 3 repeticiones).

La evaluación se efectuó después del séptimo día después de inoculado las lombrices y cada siete días hasta la humificación del alimento por acción de las lombrices.



Foto 2.3. Recipientes usados para el control de producción de cápsulas.



**B. Eclosión de las cápsulas por tratamiento de *Eisenia foétida* (microlechos - muestra):**

Para la determinación del período de incubación, se tomó como base la fecha donde la totalidad de las cápsulas han eclosionado en cada envase, tomando como referencia 30 días, en la que se determinaron el porcentaje de eclosión obtenida, los resultados se muestran en el Cuadro A-2 del Anexo.

El conteo se realiza preferentemente en la mañana, en un ambiente cerrado para evitar la muerte de las lombrices eclosionadas.



Foto 2.4. Recipiente usado para el control de producción de cápsulas y la eclosión.

**C. Número de lombrices por tratamiento de *Eisenia foétida* (Unidades Experimentales - pozas):**

Para la obtención del número total de lombrices producido en las diferentes unidades experimentales (pozas), se realizó el conteo total de lombrices, cuando se observa un color café oscuro e inodoro típica del vermicompost,

el 10 de noviembre del 2008, 106 días después de la puesta de las lombrices en cada unidad experimental (poza).

Para la cual se procedió a realizar la mezcla del contenido de cada unidad experimental (poza), obteniéndose una muestra representativa, en la que se realizó el conteo de lombrices; luego del cual esta se generaliza para la obtención del número total de lombrices por unidad experimental (poza).

**D. Volumen de residuos sólidos orgánicos – alimento – vermicompost  
(Unidades Experimentales - pozas):**

**Residuos orgánicos:**

Usado como materia prima para la obtención del alimento, esta se procedió al picado de más o menos 2cm. para una descomposición rápida, estos residuos sólidos orgánicos fueron obtenidas de los diferentes hogares y del los mercados (Mercado F. Vivanco, 12 de Abril, Nery García Zárate, Magdalena) del distrito de Ayacucho.

El volumen total puesto, el 09 de junio del 2008, en cada unidad experimental (poza) es de 10 baldes que representa  $0.208\text{m}^3$ , teniendo la siguiente distribución:

**Cuadro N° 2.2: Tratamientos de los residuos sólidos orgánicos.**

TRAT.	DESCRIPCION	DETALLE
T - 1	100% de RR.SS. orgánicos domiciliarios.	10 baldes = 0.208m <sup>3</sup>
T - 2	75% de RR.SS. orgánicos domiciliarios + 25% de paja de trigo.	7.5 baldes = 0.156m <sup>3</sup> + 2.5 baldes = 0.052m <sup>3</sup>
T - 3	75% de RR.SS. orgánicos domiciliarios+ 25% de estiércol de vacuno.	7.5 baldes = 0.156m <sup>3</sup> + 2.5 baldes = 0.052m <sup>3</sup>
T - 4	100% de RR.SS. orgánicos de mercado.	10 baldes = 0.208m <sup>3</sup>
T - 5	75% de RR.SS. orgánicos de mercado + 25% de paja de trigo.	7.5 baldes = 0.156m <sup>3</sup> + 2.5 baldes = 0.052m <sup>3</sup>
T - 6	75% de RR.SS. orgánicos de mercado + 25% de estiércol de vacuno.	7.5 baldes = 0.156m <sup>3</sup> + 2.5 baldes = 0.052m <sup>3</sup>
T - 7	75% de estiércol de vacuno + 25% de paja de trigo (testigo).	7.5 baldes = 0.156m <sup>3</sup> + 2.5 baldes = 0.052m <sup>3</sup>

Los tratamientos T-1 y T-4 corresponden a los RR.SS. orgánicos sin combinación. El resto representan la relación de 3:1 (volumen).

**Alimento:**

Luego de transcurrido el tiempo de descomposición en la preparación de alimento, que fue de 46 días (desde el 09/06/2008 al 26/07/08 en la que se colocó las lombrices a todas las unidades experimentales (pozas), se realiza la medición del volumen y peso del alimento.

Se debe tener en cuenta que en el proceso de la descomposición sin combinación genera malos olores, atrae insectos indeseables con la consecuente reproducción de éstos, sino se realiza un buen manejo del proceso de descomposición de residuos sólidos orgánicos (compost).

## **Vermicompost**

Luego de transcurrido los 106 días, desde el 26/07/08 al 10/11/08, se separaron las lombrices en sus diferentes estadios de desarrollo, se contaron cápsulas, finalmente se estimó el rendimiento del vermicompost por peso y volumen. Luego se guardó el vermicompost en bolsas de polietileno.

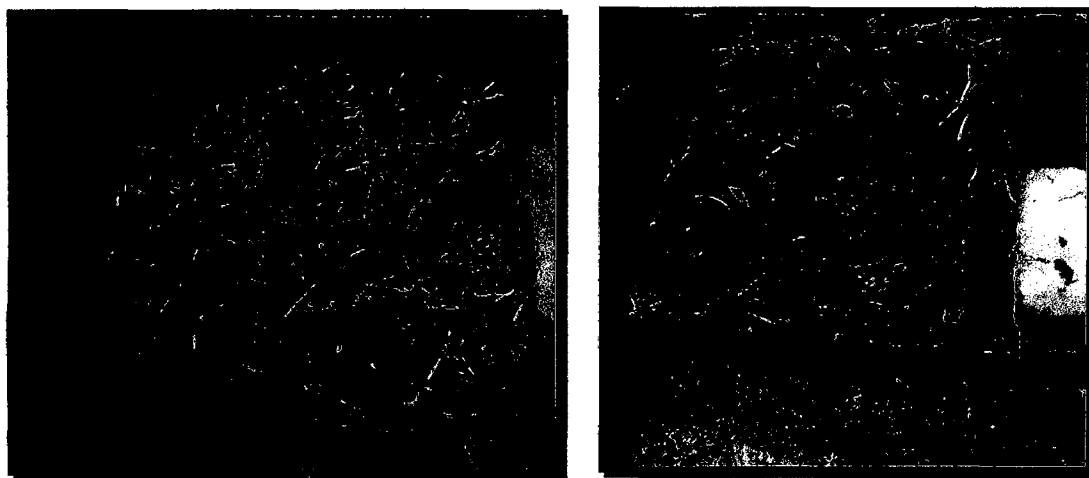


Foto 2.5. Comparativo de volumen de RR.SS. orgánico y volumen de vermicompost obtenido al finalizar el experimento.

### **E. Calidad del vermicompost obtenido:**

Para la determinación de la calidad del vermicompost producido, en primer lugar, se procedió a mezclar el contenido de las tres repeticiones hasta obtener una muestra representativa, a continuación se realizó el análisis químico del vermicompost de la muestra representativa, utilizando las técnicas rutinarias del Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar, "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de UNSCH (proceso descrito en el análisis del tratamiento).

## **2.5. DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO:**

Con los datos obtenidos de la cantidad de cápsulas producidas, eclosionadas, el número de lombrices por cápsulas, se hicieron los análisis de varianza respectivos, con Diseño Completo al Azar (DCA) con siete (7) tratamientos y tres (3) repeticiones.

Las pruebas del contraste para el análisis del experimento fueron los de Duncan.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS:**

##### **A. Producción per cápita (PPC):**

Los resultados de la aplicación de la metodología para determinar la producción per cápita del distrito de Ayacucho, son:

- La producción per cápita promedio del distrito de Ayacucho es 0,60Kg/hab./día.

La producción per cápita obtenida es relativamente igual a lo obtenido por la Sub Gerencia de Saneamiento Ambiental de la Municipalidad Provincial de Huamanga la cual es de 0.58 Kg/hab./día.

##### **B. Generación total RR.SS.:**

Se ha determinado que la generación diaria de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Ayacucho es de 60.56 T/día, de basura que se produce, según el estudio de caracterización.

De esta generación total la producción de residuos sólidos orgánicos domiciliarios representa el 55.98 % (33.90 T/día), los que podrían ser reciclados para su transformación en compost y vermicompost; en la generación y caracterización de residuos sólidos domiciliarios, se observó que en algunos hogares crían animales menores (cuy, conejo, porcino, gallinas, etc.) en el que usan como alimento los restos de los residuos orgánico domiciliarios.

Asimismo se tiene que la producción de residuos sólidos de mercado en el distrito de Ayacucho es de 21 T/día, de los que el 37.5% de residuos sólidos orgánicos (7.88 T/día), estos resultados de volumen de residuos sólidos de mercado se obtiene de los datos de la Sub Gerencia de Saneamiento Ambiental de la Municipalidad Provincial de Huamanga; esta tendencia de la composición de residuos sólidos orgánicos está en declive, a razón de que los residuos sólidos orgánicos se utiliza para el consumo de animales menores, como también otro porcentaje se va para el consumo de las personas indigentes (observado durante el tiempo de estudio).

### **C. Densidad de los RR.SS.:**

La densidad de los residuos sólidos en el distrito de Ayacucho es de 274.50 Kg/m<sup>3</sup>

#### D. Composición de los RR.SS.:

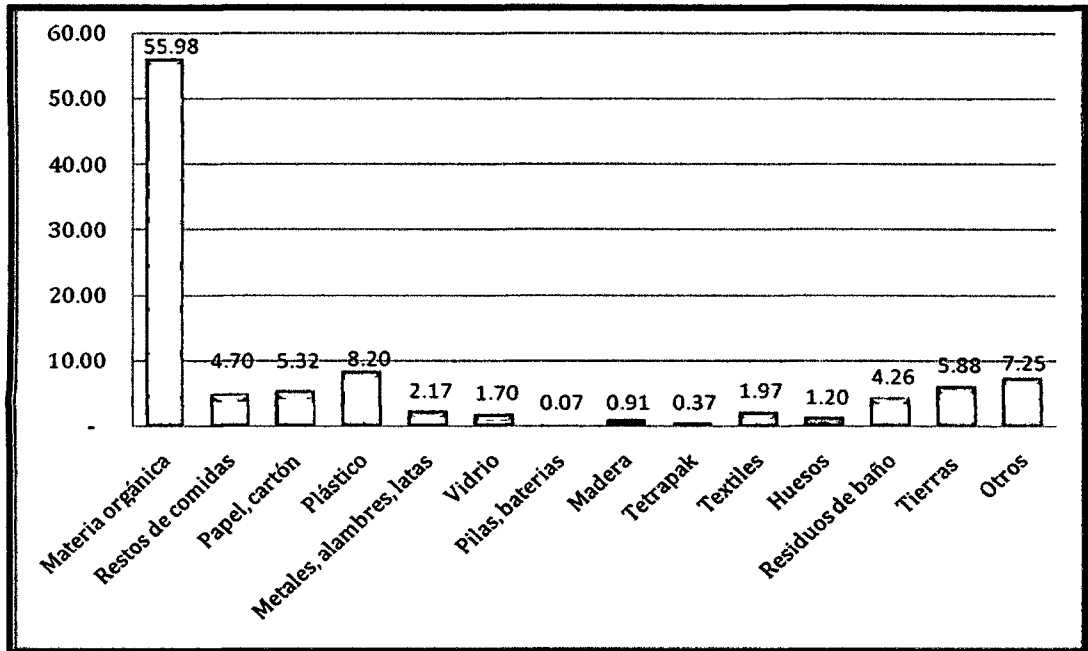


Gráfico N° 3.1: Composición de los residuos sólidos del distrito de Ayacucho en porcentaje.

En el gráfico podemos apreciar que la producción de la materia orgánica del distrito de Ayacucho representa el 55.98%, los residuos como plástico es 8.20%, seguido por otros tipos de residuos, pero que no sobrepasan al 10% de la producción total.

#### 3.2. OBTENCIÓN DEL VERMICOMPOST A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS MUNICIPALES:

Para la obtención del vermicompost, se procedió a realizar el análisis de los diferentes compuestos que ingresan en la preparación del alimento.

Obteniéndose los siguientes resultados:



**Cuadro N° 3.1: Contenido Porcentual de la M.O., N, P, K, Ca, Mg y S en las muestras de residuo de mercado y cocina.**

Muestra	%M.O.	% N	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%K <sub>2</sub> O	% Ca	%Mg	%S
Residuo Domiciliario	26.0	1.97	1.64	0.58	5.86	0.98	0.89
Residuo Mercado	24.3	1.92	1.77	0.62	5.02	0.96	1.15

En el cuadro N° 3.1 se muestra el resultado del análisis de laboratorio de los residuos sólidos orgánicos de mercado y domiciliario (puros), se muestra la composición porcentual de M.O., N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca, Mg y SO<sub>4</sub>.

**Cuadro N° 3.2: Contenido Porcentual de N, P, K, Ca, Mg y S en las muestras de paja de trigo.**

Muestra	% N.	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%K <sub>2</sub> O	% Ca	%Mg	%S
Paja de trigo	1.16	0.41	0.17	0.93	0.21	0.11

**Cuadro N° 3.3: Contenido Porcentual de N, P, K, Ca, Mg y S en las muestras de estiércol de vacuno.**

Muestra	% N.	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%K <sub>2</sub> O	% Ca	%Mg	%S
Estiércol de vacuno	1.64	1.10	1.69	3.20	0.88	0.50

En el cuadro N° 3.2 y 3.3 se muestra el resultado del análisis de la paja de trigo y estiércol de vacuno maduro, en cuanto a contenido porcentual de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca, Mg y SO<sub>4</sub>.

En la preparación del alimento de los diferentes tratamientos, se instaló las diferentes unidades experimentales – pozas el 09/06/2008, el cual

trascorrido 46 días, hasta el 26/07/2008, en la que fue apta como alimento de la lombriz de tierra (*Eisenia foétida*).

Tanto los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y residuos sólidos orgánicos de mercado se picaron al tamaño de 1”.

Al igual que la paja de trigo se realizó el picado respectivo.



Foto 3.1. RR.SS. Orgánicos de mercado y domiciliarios picado de tamaños de 1”.

#### **A. Producción de cápsulas por tratamiento de *Eisenia foétida* (microlechos - muestra):**

La evaluación del conteo de capsulas, se efectuó después del séptimo día de inoculado y cada siete días hasta la humificación del alimento por acción de las lombrices.

Las fechas de evaluación fueron las siguientes:

El 26/07/08 se inoculó las lombrices en todas las unidades experimentales (pozas).

- Primera evaluación : 02/08/2008
- Segunda evaluación : 10/08/2008

- Tercera evaluación : 17/08/2008
- Cuarta evaluación : 24/08/2008
- Quinta evaluación : 01/09/2008
- Sexta evaluación : 08/09/2008
- Séptima evaluación : 15/09/2008
- Octava evaluación : 22/09/2008
- Novena evaluación : 29/09/2008
- Décima evaluación : 06/10/2008

De los resultados obtenidos de cada evaluación se indica en el Cuadro A-1 del anexo.



Foto 3.2. Apareamiento de la *Eisenia foétida*.



Foto 3.3 Puesta de cápsula de la *Eisenia foétida*.



Foto 3.4. Recipientes usados para el control de producción de cápsulas.

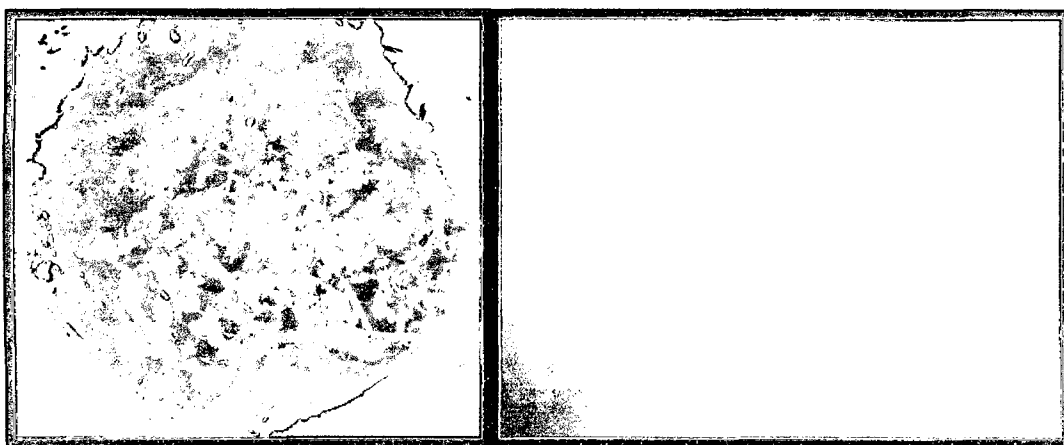


Foto 3.5. Conteo de producción de cápsulas, por microlechos.

En el **Cuadro A-1** del Anexo, se muestran los resultados promedios obtenidos en cada evaluación, muestreados al séptimo día y cada siete días hasta la humificación del alimento (del 02/08/08 al 06/10/08, 92días); dicho cuadro indica que la mayor cantidad de cápsulas fueron obtenidos en el T-7 (testigo= estiércol de vacuno + paja de trigo), seguido por los tratamientos T-3 y T-6 (residuos sólidos orgánicos domiciliarios + estiércol de vacuno y residuos sólidos orgánicos de mercado + estiércol de vacuno

respectivamente), prosiguen los tratamientos T-4 y T-1 (residuos sólidos orgánicos de mercado y residuos sólidos orgánicos domiciliarios respectivamente) y finalmente los tratamientos T-5 y T-2 (residuos sólidos orgánicos de mercado + paja de trigo y residuos sólidos orgánicos domiciliarios + paja de trigo respectivamente). Según se aprecia en el Gráfico 3.2.

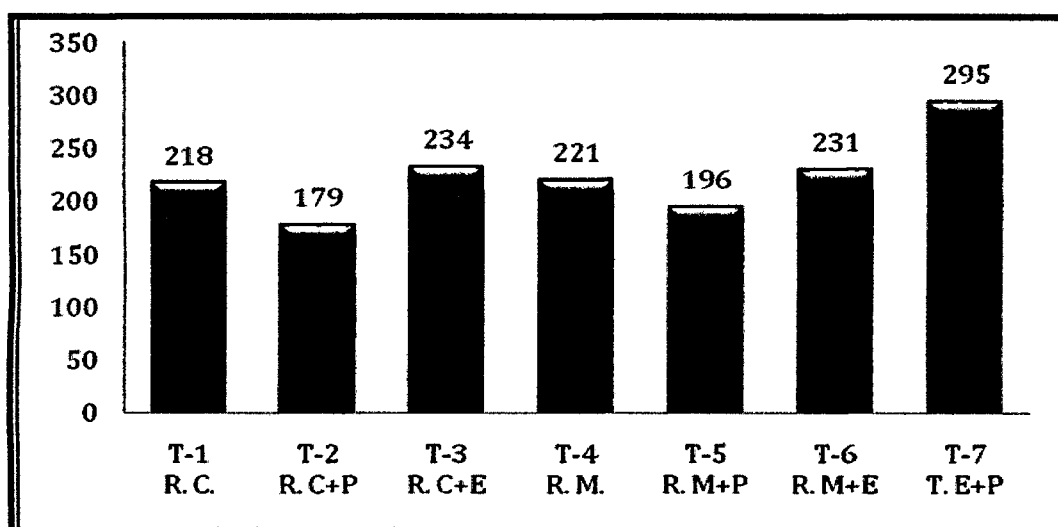


Gráfico N° 3.2: Total de conteo de cápsulas en unidades.

Cuadro N° 3.4: Análisis de varianza de las cápsulas producidas por la *Eisenia foétida* en siete tipos de alimentos.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento	6	24283.90	4047.32	11.6**	<.0001
Error	14	4886.67	349.05		
Total	20	29170.57			

C.V. 8.31 %

El cuadro de análisis de varianza (ANVA), muestra diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos; lo que indica que los tratamientos

(alimentos) tuvieron influencia sobre la producción de cápsulas. Para determinar la importancia de cada uno de estos tratamientos se realizó la prueba de Duncan.

**Cuadro N° 3.5: Prueba de Duncan de la producción de cápsulas de la *Eisenia foétida*.**

Tratamiento	Descripción	Promedio	Grupo Duncan
7	Testigo	295	a
3	RR.SS. Orgánicos domiciliarios + estiércol de vacuno	234	b
6	RR.SS. Orgánicos de mercado + estiércol de vacuno	231	b
4	RR.SS. Orgánicos de mercado	221	b c
1	RR.SS. Orgánicos domiciliarios	218	b c
5	RR.SS. Orgánicos de mercado + Paja de trigo	196	c d
2	RR.SS. Orgánicos domiciliarios + Paja de trigo	179	d

La prueba de Duncan, indica que la mayor producción de cápsulas se obtuvo en el tratamiento T-7 (testigo), seguido de los tratamientos T-3, T-6, T-4 y T-1, y los menores rendimientos de producción de cápsulas en los tratamientos T-5 y T-2.

Estos valores altos se deben posiblemente debido a la existencia de una buena calidad de alimento y preferencia de las lombrices para la combinación de paja de trigo y estiércol de vacuno, ya que los ingredientes más recomendables para preparar el alimento de las lombrices son el estiércol de vacuno y residuos vegetales (Novax, 1990)

Por lo que la combinación de residuos sólidos orgánicos de mercado y residuos sólidos orgánicos domiciliarios con estiércol de vacuno (T-3 y T-6) y solos de residuos sólidos orgánicos (T-4 y T-1), tuvieron mejores resultados luego del T-1 (estiércol de vacuno + paja de trigo); los de menores rendimientos se dieron en la combinación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y residuos sólidos orgánicos de mercado con paja de trigo; ya que la calidad del alimento influye en la producción y fecundidad de las cápsulas (León, 1991).

**B. Eclosión de las cápsulas por tratamiento de *Eisenia foétida* (microlechos - muestra):**

Para la determinación del período de incubación, se tomó como base la fecha donde la totalidad de las cápsulas han eclosionado en cada envase, tomando como referencia 30 días del 01/09/2008 al 06/10/2008.

Ya que las cápsulas de *Eisenia foétida* tienen un periodo de incubación en condiciones ambientales de 3 semanas o poco más (Compagnoni, 1983); por estudios realizados en nuestra región la eclosión de cápsulas *Eisenia foétida* se ajusta a este rango (León, 1991), en la que se determinaron el porcentaje de eclosión obtenida, los resultados se muestran en el Cuadro A-2 del Anexo.

- Primera evaluación :01/09/2008 se realizó el conteo del 02/08/2008
- Segunda evaluación :08/09/2008 se realizó el conteo del 10/08/2008
- Tercera evaluación :15/09/2008 se realizó el conteo del 17/08/2008
- Cuarta evaluación :22/09/2008 se realizó el conteo del 24/08/2008
- Quinta evaluación :29/09/2008 se realizó el conteo del 01/09/2008
- Sexta evaluación :06/10/2008 se realizó el conteo del 08/09/2008

- Séptima evaluación :13/10/2008 se realizó el conteo del 15/09/2008
- Octava evaluación :20/10/2008 se realizó el conteo del 22/09/2008
- Novena evaluación :27/10/2008 se realizó el conteo del 29/09/2008
- Décima evaluación :03/11/2008 se realizó el conteo del 06/10/2008



Foto 3.6. Recipiente usado para el control de producción de cápsulas y la eclosión.



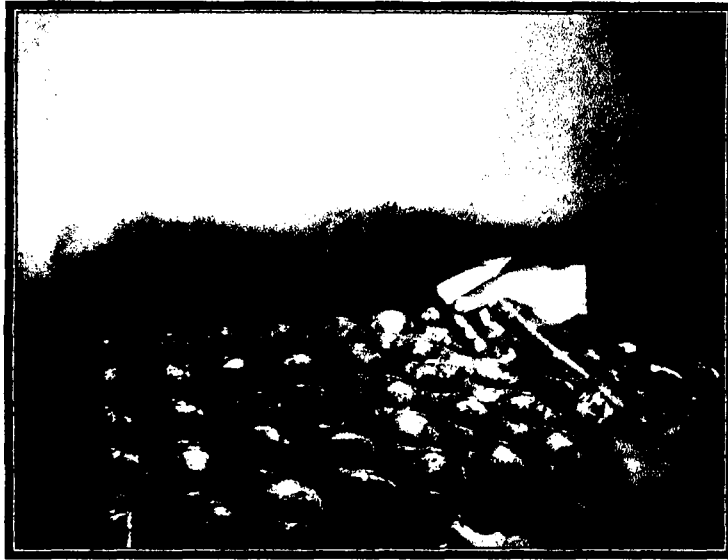


Foto 3.7. Dotación de humedad a los recipientes.

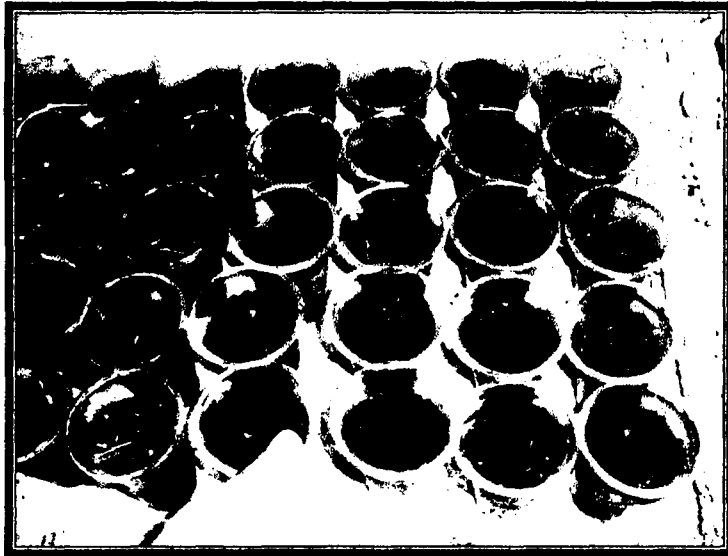


Foto 3.8. Recipientes usados para el control de eclosión de cápsulas.



Foto 3.9. Conteo de número de lombrices eclosionados.

En el Cuadro A-2 del Anexo, se muestran los resultados totales de la eclosión de lombrices, conteo realizado a los 30 días (01/09/2008) de puestas las cápsulas en un recipiente preparado, ya que las cápsulas de *Eisenia foétida* tienen un periodo de incubación en condiciones ambientales de 3 semanas o poco más (Compagnoni, 1983); por estudios realizados en nuestra región la eclosión de cápsulas *Eisenia foétida* se ajusta a este rango (León, 1991).

Según el conteo de los tratamientos se observa que la mayor eclosión se lleva en el tratamiento T-1 (testigo), seguido por los tratamientos T-6 y T-3 (residuos sólidos orgánicos de mercado + estiércol de vacuno y residuos sólidos orgánicos domiciliarios + estiércol de vacuno respectivamente), prosiguen los tratamientos T-4 y T-1 (residuos sólidos orgánicos de mercado y residuos sólidos orgánicos domiciliarios respectivamente) y finalmente los tratamientos T-5 y T-2 (residuos orgánicos de mercado + paja de trigo y

residuos sólidos orgánicos domiciliarios + paja de trigo respectivamente). Se aprecia en el Gráfico N° 3.3.

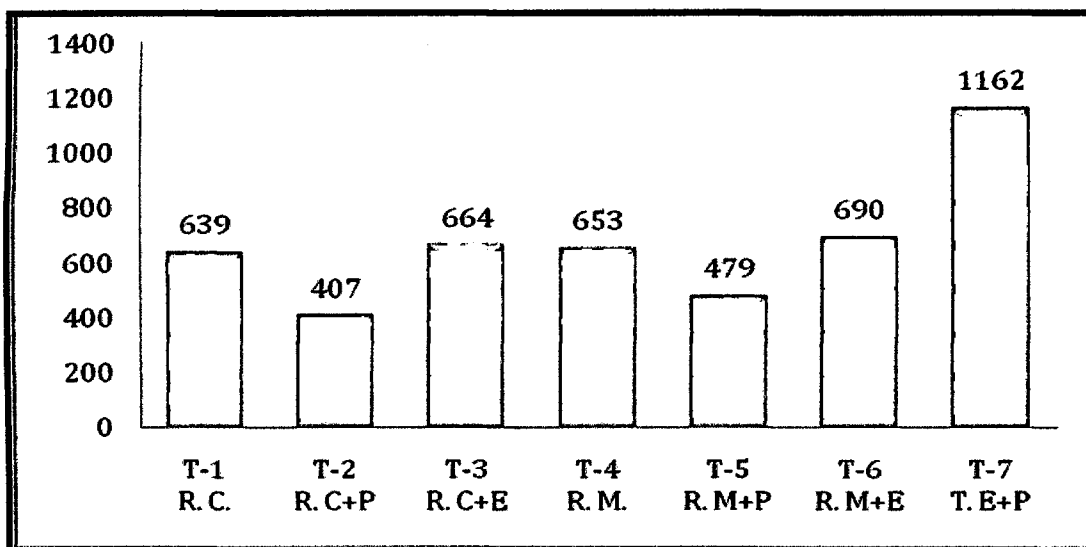


Gráfico N° 3.3: Total de conteo de lombrices eclosionadas en unidades.

**Cuadro N° 3.6: Análisis de varianza del conteo de lombrices eclosionadas.**

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
<b>Tratamiento</b>	6	1048135.91	174689.32	132.10**	<.0001
<b>Error</b>	14	18513.33	1322.38		
<b>Total</b>	20	1066649.24			

C.V. 5.42 %

En el cuadro de ANVA, muestra diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos; lo indica que los tratamientos tuvieron influencia sobre la eclosión por cápsulas (producción de lombrices). Para determinar la

importancia de cada uno de estos tratamientos se realizó la prueba de Duncan.

**Cuadro N° 3.7: Prueba de Duncan del conteo de lombrices eclosionadas.**

Tratamiento	Descripción	Promedio	Grupo Duncan
7	Testigo	1,162	a
6	RR.SS. Orgánicos domiciliarios + estiércol de vacuno	690	b
3	RR.SS. Orgánicos de mercado + estiércol de vacuno	664	b
4	RR.SS. Orgánicos de mercado	653	b
1	RR.SS. Orgánicos domiciliarios	639	b
5	RR.SS. Orgánicos de mercado + Paja de trigo	479	c
2	RR.SS. Orgánicos domiciliarios + Paja de trigo	407	d

La prueba de Duncan, indica que el mayor número de lombrices eclosión se obtuvo en el T-7 (testigo), la cual nos indica que existe una diferencia estadística significativa, ya que se obtuvo el mejor resultado; seguido de los T-6, T-3, T-4 y T-1, entre estos tratamientos la diferencia estadística es no significativa; y el menor rendimientos de eclosión de lombrices se da en los T-5 y T-2, dándose una diferencia estadística significativa, ya que la de menor eclosión de lombrices se da en T-2.

Estos valores altos se deben a que el T-7 produjo más cápsulas y evidentemente el número de las cápsulas eclosionadas será mayor, además se observa que la cantidad de lombrices producidas por cápsulas alcanza un

promedio de 3.81 lombrices/cápsulas; en los T-6, T-3, T-4 y T-1 la cantidad producidas por cápsulas alcanza un promedio de 2.71 lombrices/cápsulas; se observó un promedio de 2.09 lombrices/cápsulas la cual es el menor fue en los T-5 y T-2. Todo esto se realizó durante un período de 99 días (desde el 26/07/2008 al 03/11/2008), lapso en el cual el alimento ha sido humificado por las lombrices.

Esto se explica a partir de que el número de nuevas lombrices por cápsulas varían según la calidad del alimento consumido ya que el alimento de buena calidad hace que incremente el peso y se produzcan cápsulas más grandes lo que implicó el mayor número de nuevas lombrices que eclosionan por cápsulas (Holmin, citado por Lund, 1987) lo que ocurrió en nuestro caso.

#### **C. Número de lombrices por tratamiento de *Eisenia foétida* (unidad experimental - pozas):**

El presente conteo se realizó el 03/11/2008, en el **Cuadro A-3** del Anexo, se muestran los resultados del conteo la producción total de lombrices (diferentes estadios) en los diferentes tratamientos. Observándose que en el T-7 (testigo) hubo mayor producción, seguido de los T-3 (residuos sólidos orgánicos domiciliarios + estiércol de vacuno) y T-6 (residuos sólidos orgánico de mercado + estiércol de vacuno), y en una menor producción los T-4 (residuos sólidos orgánicos de mercado) y T-1 (residuos sólidos orgánicos domiciliarios); en el T-5 (residuos sólidos orgánicos de mercado + paja de trigo) y T-2 (residuos sólidos orgánicos domiciliarios + paja de trigo) se obtuvieron las menores producciones de lombrices de la *Eisenia foétida*. Se observa en el Gráfico 3.4.

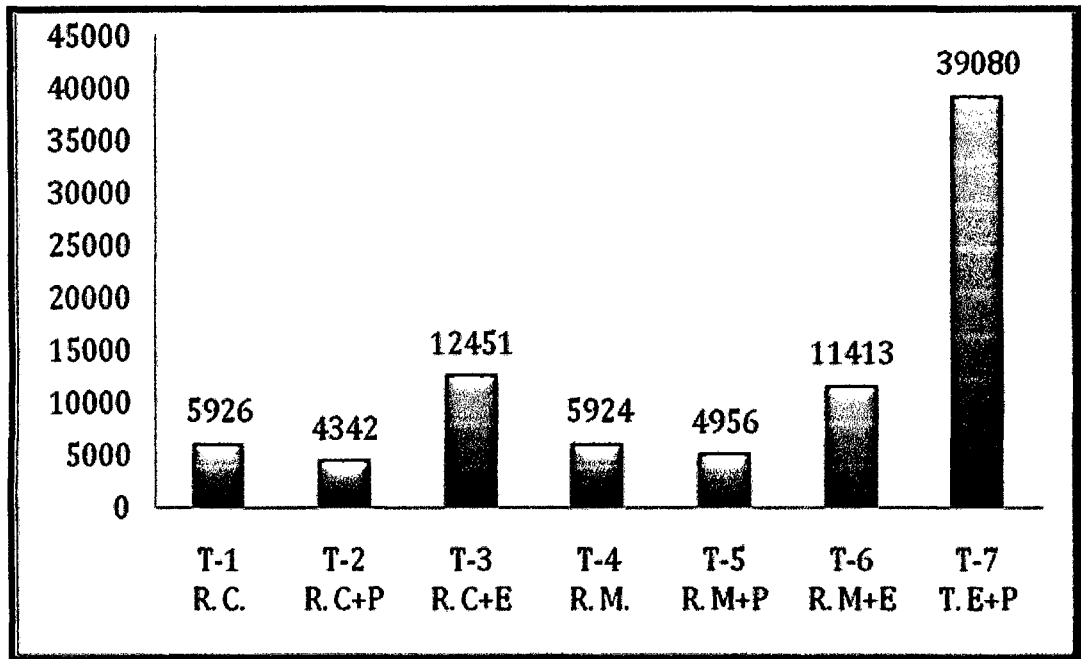


Gráfico N° 3.4: Total de lombrices por tratamientos en unidades.

Cuadro N° 3.8: Análisis de varianza del conteo total de la producción lombrices.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento	6	2739728414	456621402	564.84	0.0001
Error	14	11317635	808403		
Total	20	2751046049			

C.V. 7.46 %

En el cuadro de ANVA, muestra diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos; lo indica que los tratamientos tuvieron influencia sobre producción de la lombrices *Eisenia foétida*. Para determinar la importancia de cada uno de estos tratamientos se realizó la prueba de Duncan.

**Cuadro N° 3.9: Prueba de Duncan del conteo total de producción de lombrices**

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Promedio</b>	<b>Grupo Duncan</b>
7	Testigo	39080	a
3	RR.SS. Orgánicos domiciliarios + estiércol de vacuno	12451	b
6	RR.SS. Orgánicos de mercado + estiércol de vacuno	11413	b
4	RR.SS. Orgánicos de mercado	5924	c
1	RR.SS. Orgánicos domiciliarios	5926	c d
5	RR.SS. Orgánicos de mercado + Paja de trigo	4956	c d
2	RR.SS. Orgánicos domiciliarios + Paja de trigo	4342	d

La prueba de Duncan, indica que la mayor producción de lombrices de la *Eisenia foétida* se obtuvo en el T-7 (testigo), que es mayor estadísticamente a los demás tratamientos ya que se obtuvo mayor número de lombrices; seguido a esta los T-3, T-6, el cual indica que entre estos dos tratamientos no existe una diferencia estadística significativa; en los tratamiento T-4, T-1 y T-5 no existe una diferencia estadísticamente significativa, obteniéndose un rendimiento menor en el T-2, pero siendo esta diferencia estadísticamente no significativa en comparación al T-1 y al T-5.

Esto se explica que el T-7 tiene un volumen de alimento mayor y por ende mayor cantidad de nutrientes que favorecen a una mayor producción que los demás tratamientos incluido la preferencia a esta por la *Eisenia foétida*.

Otro de los factores es la retención de la humedad por el estiércol de vacuno en comparación a la asociación de los residuos sólidos orgánicos + paja de trigo y el residuos sólidos orgánicos solo. La humedad es otro de los factores que influye en la reproducción y fecundidad de las cápsulas (Tineo, 2006).

#### **D. Volumen de residuos sólidos orgánicos – alimento – vermicompost**

##### **(Unidad experimental – Pozas):**

En el **Cuadro A-4** del Anexo, se muestran los resultados del volumen inicial del residuos sólidos orgánicos – alimento y como producto final el volumen del vermicompost obtenido

Como volumen inicial se tiene  $0.208\text{m}^3$  para los tratamientos T-1, T-2, T-3, T-4, T-5, T-6 y T-7, los que se pusieron en las diferentes unidades experimentales (pozas) el 09/06/2008, con los siguientes tratamientos: T-1 (residuos sólidos orgánicos domiciliarios), T-2 (residuos sólidos orgánicos domiciliarios + paja de trigo), T-3 (residuos sólidos orgánicos domiciliarios + estiércol de vacuno), T-4 (residuos sólidos orgánicos de mercado), T-5 (residuos sólidos orgánicos de mercado + paja de trigo), T-6 (residuos sólidos orgánico de mercado + estiércol de vacuno) y T-7 (testigo= estiércol de vacuno + paja de trigo).

Luego de transcurrido el tiempo de descomposición en la preparación de alimento, que fue de 46 días (desde el 09/06/2008 al 26/07/2008 en la que se coló las lombrices a todas las unidades experimentales – pozas y en los microlechos - muestra), el volumen se reduce drásticamente en el T-1 y T-4, este suceso debido a que la residuos sólidos orgánicos (domiciliarios y mercado) tiene mayor cantidad de agua y al descomponer se pierde. Se observa en el Gráfico 3.5.



El alimento en cada unidad experimental (poza) fue de volúmenes siguientes: en el T-1=0.0316 m<sup>3</sup>, T-4=0.0314 m<sup>3</sup>, T-2=0.404 m<sup>3</sup>, T-5=0.406 m<sup>3</sup>, T-3=0.473 m<sup>3</sup>, T-6=0.472 m<sup>3</sup> y en T-7=0.162 m<sup>3</sup>.

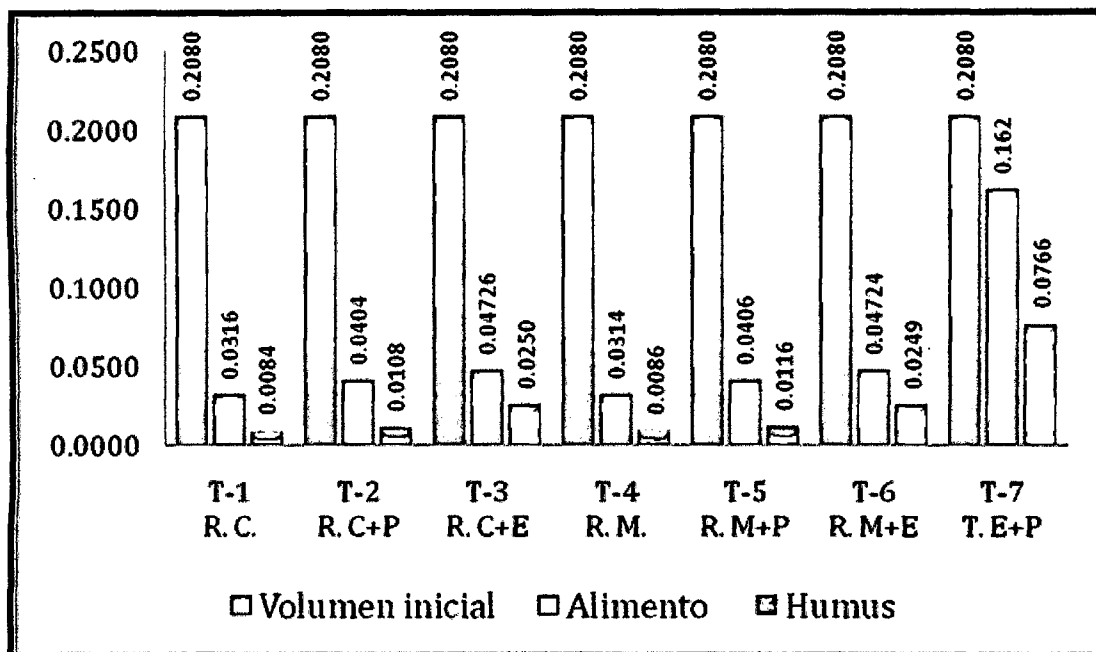


Gráfico N° 3.5: Comparativo de volumen en metros cúbicos.

El volumen de vermicompost obtenido al finalizar el trabajo de investigación fue: en el T-1=0.0084 m<sup>3</sup>, T-4=0.0086 m<sup>3</sup>, T-2=0.0108 m<sup>3</sup>, T-5=0.0116 m<sup>3</sup>, T-3=0.0250 m<sup>3</sup>, T-6=0.0249m<sup>3</sup> y en T-7=0.0766 m<sup>3</sup>; nos muestra que en cuanto a rendimiento es muy bajo en los tratamientos T-1 (RR.SS. Orgánicos de cocina) y T-4 (RR.SS. Orgánicos de mercado), y los mayores rendimientos fue obtenido en el T-3 (RR.SS. Orgánicos de cocina + estiércol de vacuno) y T-6 (RR.SS. Orgánicos de mercado + estiércol de vacuno).

**Cuadro N° 3.10: Análisis de varianza del volumen de residuos orgánicos –vermicompost.**

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamiento	6	2478.50	413.08	2260.58	0.0001
Error	14	2.56	0.18		
Total	20	2481.06			

C.V. 3.75 %

En el cuadro de ANVA, muestra diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos; lo indica que en los tratamientos la reducción del volumen inicial a vermicompost fue considerable y varían entre ellos drásticamente. Para determinar la importancia de cada uno de estos tratamientos se realizó la prueba de Duncan.

**Cuadro N° 3.11: Prueba de Duncan del volumen de residuos orgánicos - vermicompost**

Tratamiento	Descripción	Promedio	Grupo Duncan
7	Testigo	36.820	a
3	RR.SS. Orgánicos domiciliarios + estiércol de vacuno	12.010	b
6	RR.SS. Orgánicos de mercado + estiércol de vacuno	11.980	b
5	RR.SS. Orgánicos de mercado	5.573	c
2	RR.SS. Orgánicos domiciliarios	5.207	c
4	RR.SS. Orgánicos de mercado + Paja de trigo	4.137	d
1	RR.SS. Orgánicos domiciliarios + Paja de trigo	4.037	d

La prueba de Duncan, indica el mayor volumen obtenido de vermicompost se tiene en el T-7 (testigo), que es mayor estadísticamente a los demás tratamientos ya que se obtuvo mayor volumen en esta; seguido a esta los T-3, T-6, el cual indica que entre estos dos tratamientos no existe una diferencia estadística significativa; en los tratamiento T-5 y T-2 no existe una diferencia estadísticamente significativa; obteniéndose un rendimiento menor en el T-4 y T-1, no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre ellas.

Los tratamiento T-4 y T-1 obtuvieron el menor volumen, es porque, como los residuos sólidos orgánicos pierde una cantidad de volumen considerable (cuando se fermenta, alcanza un volumen que supone un 5 al 10% de su volumen original) (Lund, 1998. Vol I).

La reducción del volumen esta provocado parcialmente por una reducción de la masa. La respiración microbiana que tiene lugar en el proceso de descomposición provoca la pérdida de la masa por formación de dióxido de carbono y agua (Lund, 1998. Vol II).

Además se debe a que la materia orgánica está compuesta por un 60% de agua, el cual se pierde en forma de lixiviados.

En la obtención del volumen obtenido, desde los residuos orgánicos producidos en los mercados y domiciliarios hasta la obtención del vermicompost se observa que los tratamiento T-4 y T-1 obtuvieron el menor volumen y los de mayor volumen se obtuvieron en los tratamientos T-3 y T-6.

**E. De la calidad del vermicompost producido:**

**Análisis del alimento:** El tiempo que tardó en la preparación del alimento fue de 48 días, el cual se realizó el análisis físico – químico, los resultados se muestran:

**Cuadro N° 3.12: Contenido Porcentual de Humedad, pH, M.O., N, P, K, Ca, Mg y S, en las muestras de los.**

Muestra	% Humedad	pH	%M.O.	% N	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%K <sub>2</sub> O	% Ca	%Mg	%S
T-1	61.6	7.52	20.8	1.72	1.63	0.46	6.30	0.79	1.23
T-2	69.1	7.48	26.8	2.19	1.91	0.62	5.06	1.22	1.22
T-3	65.1	7.82	27.6	2.07	1.65	1.04	5.78	0.97	1.05
T-4	68.2	7.76	22.1	1.93	1.98	0.48	5.41	1.07	1.31
T-5	66.3	7.76	23.1	1.69	2.08	0.88	5.54	1.02	1.19
T-6	66.0	7.88	25.6	1.62	1.84	1.68	5.31	0.99	0.95
T-7	64.2	7.80	22.6	1.30	1.32	0.28	4.89	0.42	0.76

El %Humedad varía del 61.6 en el T-1 al 68.2 en el T-2, que es baja a la requerida, pero a esta se agregó el agua para que esté dentro del rango de 75% a 80%, comprobándose ésta en campo con la presión realizada con la mano a un puñado de alimento.

El pH del alimento se encuentra entre 7.52 en el T-1 y 7.88 en el T-6, se encuentra dentro del rango que se requiere para que la lombriz (PH de 6.5 a 8.5)

El %M.O. muestra que el tratamiento T-1 (RR.SS. orgánicos domiciliarios) es la que tiene un menor porcentaje de 20.8%, seguido por el T-4 (RR.SS. orgánicos mercado) con 22.1%, y con un 27.6% el T-3 (RR.SS. orgánicos

domiciliario + estiércol de vacuno); en esta no existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos.

**El análisis del vermicompost** producido luego del tiempo transcurrido que fue 106 días se realizó utilizando las técnicas rutinarias del análisis del Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar, "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de UNSCH, (proceso descrito en el análisis del alimento 2.2.2.).

**Cuadro N° 3.13: Contenido Porcentual de M.O., N, P, K, S, Ca y Mg, en el vermicompost producido.**

Muestra	%M.O.	% N. Total	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%K <sub>2</sub> O	%SO <sub>4</sub>	% Ca	%Mg
T-1	18.33	2.28	1.19	0.31	0.25	5.28	1.34
T-2	18.33	2.45	1.46	0.48	1.01	3.84	1.20
T-3	19.84	2.10	1.27	0.44	0.46	4.32	1.25
T-4	16.83	1.93	1.22	0.78	0.17	3.92	1.21
T-5	14.82	2.11	1.17	0.23	0.19	4.00	1.54
T-6	19.10	2.46	1.37	0.70	0.56	5.12	1.35
T-7	18.84	1.58	1.45	1.91	0.63	4.48	1.53

En el cuadro N° 3.13 se muestra los resultados del análisis químico del vermicompost producido; en este cuadro se puede observar que en cuanto al % de M.O. en el tratamiento T-5 (residuos sólidos orgánicos mercado + paja) se obtuvo el 14.82% que es la más baja de todos los tratamientos seguido del T-4 (residuos sólidos orgánicos mercado) con 16.83%, el T-1 (residuos sólidos orgánicos domiciliario) y T-2 (residuos sólidos orgánicos domiciliario + paja) con 18.33%, los más altos porcentajes se obtuvo en el T-

6 (residuos sólidos orgánicos mercado + estiércol) y T-3 (residuos sólidos orgánicos domiciliarios + estiércol) con 19.10% y 19.84% respectivamente, y el T-7 (estiércol + paja) con 18.84%.

En cuando a la producción del Nitrógeno total, se obtuvo el mayor contenido % en el T-6 (residuos solido orgánico de mercado + estiércol de vacuno) con 2.46%, y el de menor contenido % de nitrógeno total se dio en el T-7 (estiércol de vacuno + paja de trigo). El contenido % de nitrógeno total se encuentran dentro del rango obtenido por Satchel, citado por Lund (1987) que encuentra valores de N: de 1.5 a 4%.

En cuanto al fosforo se obtuvo el mayor contenido % en el T-2 (residuos solido orgánico domiciliario + paja de trigo) con 1.46% y el de menor contenido % de fosforo se dio en el T-5 (residuos solido orgánico de mercado + estiércol) con 1.17 %, el contenido % de fosforo están por debajo del promedio obtenido por Satchel, citado por Lund (1987) que encuentra valores de P entre 1.4 a 5%, únicamente alcanzando a este promedio el T-7 y el T-2 esto probablemente se debió a los insumos utilizados en la preparación de alimentos, ya que procede de animales que consumen alimentos muy pobres en nutrientes, la paja de trigo contiene un mayor porcentaje de celulosa y lignina; y por la pérdida de esta por los lixiviados.

Según Satchel, citado por Lund (1987) el contenido % de potasio en el humus de lombriz esta 0.6 a 2.5%; en el experimento los tratamientos T-1, T-2, T-3 y T-5 se obtuvo valores de 0.31%, 0.48%, 0.44% y 0.23% que son menores al rango y alcanzando el mínimo del promedio el T-4, T-6 con valores de 0.78% y 0.70%; en el T-7 se obtuvo el 1.91% el cual es el porcentaje mayor de potasio obtenido.

Se puede concluir, de los resultados del análisis de laboratorio, que la riqueza del NPK en el vermicompost obtenido en el sustrato de estiércol de vacuno + paja de trigo, es inferior a cualquier vermicompost logrado de sustratos con residuos sólidos orgánicos de mercado y domiciliario.

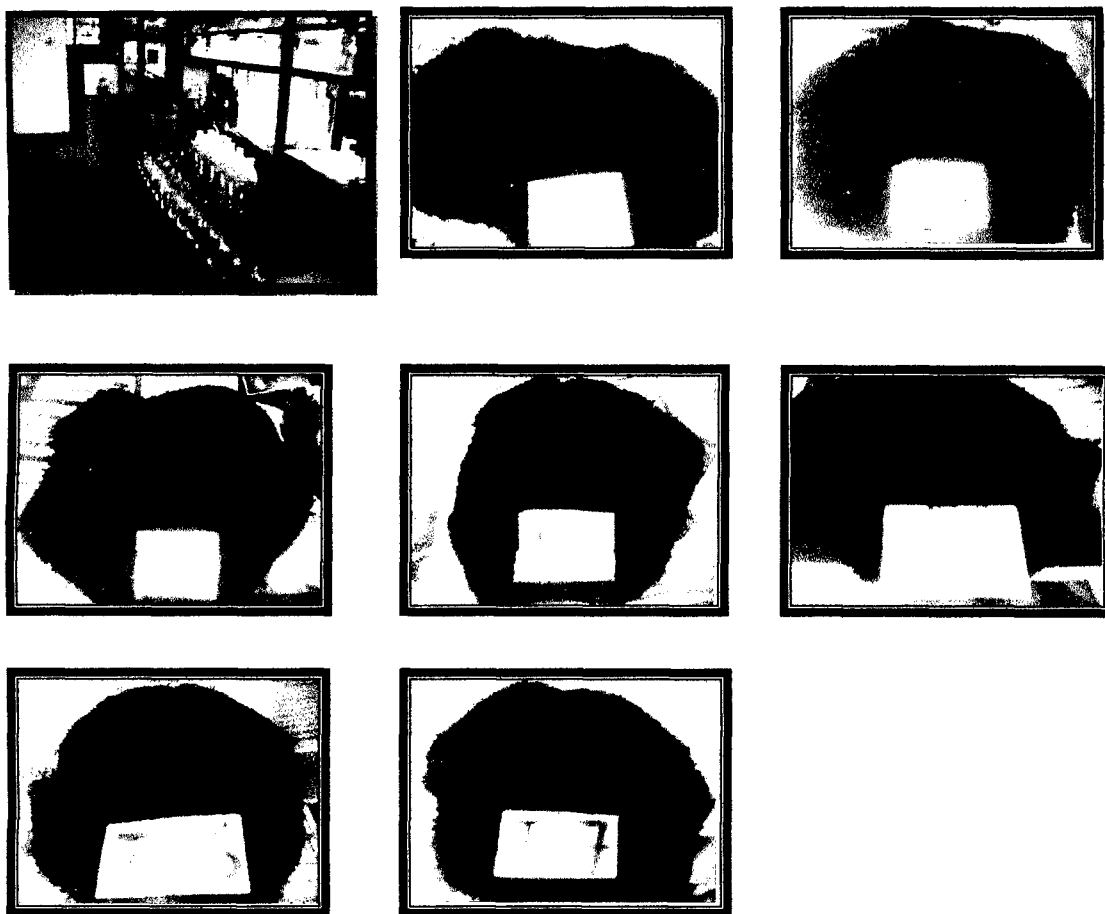


Foto 3.10. Laboratorio Suelos y Analisis Foliar “ Nicolas Roulet” –  
Tratamientos

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **1.1. CONCLUSIONES:**

De acuerdo a los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se condujo el presente experimento, se concluye que:

1. La producción per cápita de residuos sólidos en el distrito de Ayacucho es de 0.60Kg/hab-día, y están compuestos por 55.98% de residuos sólidos orgánicos.
2. El volumen total de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Ayacucho es de 220.33 m<sup>3</sup>/día, con una densidad promedio de 274.50kg/m<sup>3</sup>, y el de los residuos sólidos de mercados es de 77m<sup>3</sup>/día. del cual el 37.5% es residuos sólidos orgánicos.
3. El mejor rendimiento en la producción de cápsulas, se dio en el T-7 (testigo); seguido de los T-3 (RR.SS. Orgánico domiciliario + estiércol de vacuno) y T-6 (RR.SS. Orgánico de mercado + estiércol de vacuno); y



los de menor rendimiento fueron en los T-1 (RR.SS. Orgánico domiciliario) y T-4 (RR.SS. Orgánico de mercado).

4. La riqueza del NPK en el Vermicompost obtenido en el sustrato de estiércol de vacuno + paja de trigo, es inferior a cualquier vermicompost logrado de sustratos con residuos sólidos orgánicos de mercado y domiciliario.

#### **1.2. RECOMENDACIONES:**

De las conclusiones extraídas del experimento, se podría dar las siguientes recomendaciones prácticas para su mejor estudio y explotación del uso de residuos sólidos orgánicos para la obtención de vermicompost con la lombriz de la *Eisenia foétida*

1. Realizar el estudio de caracterización en el distrito de Ayacucho y su disposición, para ser un comparativo del volumen real que se genera de los residuos sólidos orgánicos.
2. La lombriz *Eisenia foétida* se adapta muy favorablemente a la combinación de residuos sólidos orgánicos con estiércol de vacuno, se recomienda hacer estudios para ver la densidad optima
3. Se recomienda realizar pruebas de análisis de laboratorio para determinar la carga microbiana y los elementos tóxicos que contiene el vermicompost obtenido.

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de caracterizar los residuos sólidos del distrito de Ayacucho y evaluar el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos a través del lombricomposteo con la *Eisenia foétida* y la calidad del producto final.

El alimento fue preparado teniendo como materia prima los RR.SS. orgánicos (domiciliarios y mercado), se utilizó el diseño estadístico completamente al azar (DCA), con 7 tratamientos y cada uno de estos con 3 repeticiones: T-1 (RR.SS. orgánicos domiciliarios), T-2 (RR.SS. orgánicos domiciliarios + paja de trigo), T-3 (RR.SS. orgánicos domiciliarios + estiércol de vacuno), T-4 (RR.SS. orgánicos de mercado), T-5 (RR.SS. de mercado + paja de trigo), T-6 (RR.SS. orgánicos de mercado + estiércol de vacuno) y T-7 (testigo= estiércol de vacuno + paja de trigo).

Se arriba a las siguientes conclusiones: (1) la producción per cápita de residuos sólidos en el distrito de Ayacucho es de 0.60Kg/hab-día, y están compuestos por 55.98% de residuos sólidos orgánicos. (2) El volumen total de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Ayacucho es de 220.33 m<sup>3</sup>/día, con una densidad promedio de 274.50kg/m<sup>3</sup>, y el de los residuos sólidos de mercados es de 77m<sup>3</sup>/día. (3) El mejor rendimiento en la producción de cápsulas, se dio en el T-7 (testigo); seguido de los T-3 (RR.SS. Orgánico domiciliario + estiércol de vacuno) y T-6 (RR.SS. Orgánico de mercado + estiércol de vacuno). (4) La riqueza del NPK en el Vermicompost obtenido en el sustrato de estiércol de vacuno + paja de trigo, es inferior a cualquier vermicompost logrado de sustratos con residuos sólidos orgánicos de mercado y domiciliario.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBADO, J.L. 2003. "Micro emprendimientos - cría de lombrices – su empresa de lombricultura". Ed. Albatros. Buenos Aires.
2. BARNES, O.R. 1968. "Zoología de los invertebrados" 2da. edición. Ed. Interamericana – México.
3. BRANDWEIN, F. 1981. "La vida. Sus formas y sus cambios". Ed. Cultural S.A. México.
4. COMPAGNONI, L. 2001. "Cría de moderna de las lombrices y utilización rentable del humus". Ed. De Vichi S.A. Barcelona – España.
5. COMPAGNONI, L. 1983. "Cría de moderna de las lombrices". Ed. De Vichi S.A. Barcelona – España.
6. CONAM. 2000. "Ley Nacional de Residuos Sólidos" – Ley N° 27314. Lima – Perú.
7. CONAM. 2001. "Guía metodológica para formulación del PIGARS". Lima – Perú.
8. CONAM. 2005. "Gestión integral de residuos sólidos". Lima – Perú.
9. CONGRESO DE LA REPUBLICA. 2005. "Reglamento de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente". Lima - Perú.
10. CORAL, U.F. 1989. "Manejo de las lombrices de tierra y producción de vermicompost" Revista para el desarrollo agroindustrial. Lima - Perú.
11. DECRETO SUPREMO 057-2004-PCM. 2004. "Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos". Lima - Perú.
12. FERRUZI, C. 1987. "Manual de lombricultura". Ed. Mundi – Prensa. Madrid – España.

13. IDEAM – UNICEF – CINARA. 2006. “Caracterización de tecnologías para el manejo integral de los residuos sólidos”. Santiago de Cali - Colombia.
14. JARABO, F y ELOATEGUI, N. 2000. “Fundamentos de tecnología ambiental”
15. LEON S., G. 1991. “Influencia de la densidad poblacional en la reproducción y producción del humus de las lombrices; *Eisenia foétida* y roja ayacuchana”. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga – Ayacucho – Perú.
16. LUND, 1987. “*Eisenia foétida* (Savigni) su descripción y cultivo”. Universidad de Santiago de Chile.
17. LUND, H.F. 1998. “Manual Mc Graw-Hill de reciclaje” Volumen I. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España S.A. México.
18. LUND, H.F. 1998. “Manual Mc Graw-Hill de reciclaje” Volumen II. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España S.A. México.
19. DIGESA - Dirección General de Salud Ambiental. 2004. “Marco Institucional de los Residuos Sólidos en el Perú”. Lima – Perú.
20. MIRANDA V., M.L. 2007. “Evaluación de la gestión ambiental de residuos sólidos en el distrito de San Juan Bautista. 2005”. Universidad Nacional san Cristóbal de Huamanga – Ayacucho – Perú.
21. MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE MOYOBAMBA. 2007. “Estudio de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Moyobamba”. Moyobamba - San Martín – Perú.
22. NOVAX, A. 1990. “Lombricultura. Ciencia y tecnología”. Del resumen del curso de lombricultura. UNMSM. Lima.

23. OACA. 1992. "Manual de tecnología apropiada para el manejo de residuos sólidos". Ed. OACA. Lima – Perú.
24. ORDENANZA 295- 2001/MML. 2001. "Sistema Metropolitano de Gestión de Residuos Sólidos". Lima – Perú.
25. SEOÁNEZ, C.M. 2000. "Residuos: Problemática, descripción, manejo, aprovechamiento y destrucción". Ed. Mundi – Prensa. Madrid - España.
26. TINEO B., A.L. 2006. "Informe de la importancia en el cultivo de las lombrices de tierra, la densidad poblacional y la humedad del substrato o alimento". Universidad Nacional san Cristóbal de Huamanga – Ayacucho – Perú.
27. Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM, 2004. "Conservación del Medio Ambiente y Evaluación de Impacto ambiental - Gestión de residuos sólidos". Dirección académica. Lima – Perú.

~~ANEXO~~

**Cuadro A-01: Producción de cápsulas por tratamiento de *Eisenia foétida* en microlechos (recipientes<sup>(\*)</sup>)**

Tratamiento/ Repeticiones	02/08/2008		10/08/2008		17/08/2008		24/08/2008		01/09/2008		08/09/2008		15/09/2008		22/09/2008		29/09/2008		06/10/2008		Total	Prom.
	Nº cápsula	Nº lomb.	Nº cápsula	Nº lomb.	Nº cápsula	Nº lomb.	Nº cápsula	Nº lomb.	Nº cápsula	Nº lomb.	Nº cápsula	Nº lomb.	Nº cápsula	Nº lomb.	Nº cápsula	Nº lomb.	Nº cápsula	Nº lomb.	Nº cápsula	Nº lomb.	Nº cápsula	Nº cap/tra
T1	23	10	36	10	44	10	30	10	28	10	29	10	22	10	13	10	22	15	7	10	254	218
T1	16	10	32	10	37	10	21	10	16	10	19	11	17	12	13	10	9	8	3	10	183	
T1	34	10	45	10	39	10	16	10	14	9	24	10	15	10	22	11	5	11	4	10	218	
T2	23	10	43	10	30	10	26	10	31	10	13	9	10	9	1	8	1	12	0	10	178	179
T2	25	10	32	10	37	10	30	10	25	10	20	10	16	10	5	10	4	10	3	10	197	
T2	20	10	28	10	32	10	25	10	18	10	22	10	13	10	3	10	1	8	0	10	162	
T3	18	10	44	10	47	10	42	9	30	11	22	10	15	10	8	10	4	11	0	10	230	234
T3	22	10	39	10	50	10	40	10	35	10	27	11	22	10	11	11	9	11	4	10	259	
T3	20	10	40	10	45	10	35	10	32	10	15	8	12	8	8	10	5	9	0	10	212	
T4	19	10	29	10	35	10	33	10	28	10	24	10	21	10	17	10	12	11	6	10	221	221
T4	20	10	30	10	36	10	30	9	27	10	24	10	20	10	16	9	11	10	7	10	221	
T4	17	10	28	10	34	10	35	10	29	10	23	10	21	10	17	10	12	12	5	10	221	
T5	20	10	29	10	35	10	34	11	28	10	22	10	15	10	7	11	6	10	2	10	198	196
T5	29	10	33	10	40	10	33	10	26	10	21	10	13	10	8	7	1	7	0	10	204	
T5	22	9	30	9	39	10	31	11	25	9	15	9	10	10	8	10	5	10	0	10	185	
T6	21	10	35	10	49	10	37	10	33	10	25	10	15	10	11	10	8	4	0	10	234	231
T6	17	10	38	10	45	10	35	10	30	10	27	10	13	10	10	9	5	10	3	10	223	
T6	23	10	33	10	46	9	40	10	35	10	24	10	17	10	15	10	3	10	0	10	236	
T7	33	10	46	10	48	10	36	10	27	10	26	10	26	10	20	12	12	10	11	10	285	295
T7	35	10	44	10	46	10	38	10	29	10	30	10	23	10	22	10	16	9	8	10	291	
T7	36	10	47	10	50	10	45	10	29	10	30	11	24	10	25	12	14	10	10	10	310	

(\*) En recipiente de polietileno de 0.11 X 0.09 X 0.12 m. de forma cilíndrica

**Cuadro a-02: Total de conteo de lombrices eclosionadas  
En microlechos (receptiente)<sup>(\*)</sup>**

Tratamiento/ Repeticiones	02/08/2008	10/08/2008	17/08/2008	24/08/2008	01/09/2008	08/09/2008	15/09/2008	22/09/2008	29/09/2008	06/10/2008	Total	Promedio
	01/09/2008	08/09/2008	15/09/2008	22/09/2008	29/09/2008	06/10/2008	13/10/2008	20/10/2008	27/10/2008	03/11/2008	Eclos.	Eclos/trat
	Nº Eclos.	Nº Eclos.	Nº Eclos.	Nº Eclos.	Nº Eclos.	Nº Eclos.	Nº Eclos.	Nº Eclos.	Nº Eclos.	Nº Eclos.	Nº Eclos.	
T-1	70	108	144	90	79	79	58	31	47	15	721	639
T-1	62	109	143	70	50	56	49	30	19	6	594	
T-1	76	132	121	50	43	70	42	49	10	8	601	
T-2	60	121	63	59	60	26	19	2	2	0	412	1222
T-2	61	99	92	61	47	37	29	8	7	5	446	
T-2	55	67	77	59	34	42	23	5	2	0	364	
T-3	58	133	138	102	89	65	43	21	9	0	658	1993
T-3	67	118	151	108	81	62	49	24	19	8	687	
T-3	60	133	139	106	97	45	34	22	12	0	648	
T-4	58	88	107	110	83	71	56	43	25	13	653	1958
T-4	61	91	110	108	78	74	54	40	24	14	654	
T-4	55	85	103	111	88	68	58	46	26	11	651	
T-5	49	84	98	75	65	50	33	15	12	4	485	1436
T-5	77	101	87	75	57	45	27	16	2	0	487	
T-5	47	64	102	91	66	39	25	19	11	0	464	
T-6	63	117	164	114	99	74	44	28	18	0	721	2070
T-6	61	119	138	103	86	80	38	25	12	7	669	
T-6	63	114	134	115	98	67	46	36	7	0	680	
T-7	86	194	214	156	111	106	104	78	41	35	1125	3486
T-7	99	209	222	161	119	121	90	84	59	27	1191	
T-7	98	203	211	180	115	112	89	85	46	31	1170	

(\*) En recipiente de polietileno de 0.11 X 0.09 X 0.12 m. de forma cilíndrica



**Cuadro A-03: Total de lombrices por tratamiento de *Eisenia foétida* en las unidades experimentales pozas (\*\*)**

<b>Tratamiento/ Repeticiones</b>	<b>Total lombrices</b>	<b>Promedio lombrices</b>
T-1	5930	5926
T-1	6717	
T-1	5132	
T-2	3583	4342
T-2	5131	
T-2	4312	
T-3	11761	12451
T-3	12920	
T-3	12673	
T-4	6602	6150
T-4	6455	
T-4	5392	
T-5	5063	4956
T-5	5256	
T-5	4548	
T-6	11133	11413
T-6	12106	
T-6	11002	
T-7	39024	39080
T-7	37341	
T-7	40875	

(\*\*) En pozas de 0.90 X 0.90 X 0.50 m.

**Cuadro A-04: Volumen de residuos sólidos orgánicos - alimento - vermicompost en unidades experimentales - poza<sup>(\*\*)</sup>**

Tratamiento/ Repeticiones	Vol. Inicio (m <sup>3</sup> )	Total/Trat.	Promedio	Alimento (m <sup>3</sup> )	Total/Trat.	Promedio	Vermicompost (m <sup>3</sup> )	Total/Trat.	Promedio
		Vol. Inicio (m <sup>3</sup> )	Vol. Inicio (m <sup>3</sup> )		Alimento (m <sup>3</sup> )	Alimento (m <sup>3</sup> )		Vermicompost (m <sup>3</sup> )	Vermicompost (m <sup>3</sup> )
T-1	0.208	0.624	0.208	0.0315	0.0945	0.0315	0.0086	0.0252	0.0084
T-1	0.208			0.0315			0.0088		
T-1	0.208			0.0315			0.0078		
T-2	0.208	0.624	0.208	0.0405	0.1215	0.0405	0.0110	0.0325	0.0108
T-2	0.208			0.0405			0.0111		
T-2	0.208			0.0405			0.0104		
T-3	0.208	0.624	0.208	0.0473	0.14175	0.0473	0.0238	0.0749	0.0250
T-3	0.208			0.0473			0.0260		
T-3	0.208			0.0473			0.0252		
T-4	0.208	0.624	0.208	0.0315	0.0945	0.0315	0.0098	0.0258	0.0086
T-4	0.208			0.0315			0.0089		
T-4	0.208			0.0315			0.0071		
T-5	0.208	0.624	0.208	0.0405	0.1215	0.0405	0.0121	0.0348	0.0116
T-5	0.208			0.0405			0.0113		
T-5	0.208			0.0405			0.0113		
T-6	0.208	0.624	0.208	0.0473	0.14175	0.0473	0.0249	0.0747	0.0249
T-6	0.208			0.0473			0.0259		
T-6	0.208			0.0473			0.0239		
T-7	0.208	0.624	0.208	0.1215	0.3645	0.1215	0.0776	0.2298	0.0766
T-7	0.208			0.1215			0.0763		
T-7	0.208			0.1215			0.0758		

(\*\*) En pozas de 0.90 X 0.90 X 0.50 m.

**CUADRO A-05: REGISTRO DE LAS 56 MUESTRAS RECOLECTADAS Y PESADAS POR VIVIENDA**

N°	N° pers. /dom.	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
		01/06/08	02/06/08	03/06/08	04/06/08	05/06/08	06/06/08	07/06/08
		Peso en Kg.	Peso en Kg.	Peso en Kg.	Peso en Kg.	Peso en Kg.	Peso en Kg.	Peso en Kg.
1	5	2.30	3.50	1.80	2.30	1.04	4.30	0.50
2	7	4.60	3.18	3.30	2.10	0.35	3.20	1.70
3	6	1.30	2.10	1.80	4.50	6.30	0.90	2.20
4	9	6.90	4.20	1.30	3.40	2.99	0.81	1.20
5	5	5.40	3.30	2.50	0.80	0.90	0.23	1.90
6	5	6.80	3.00	5.60	2.40	2.19	1.73	1.20
7	3	2.60	2.50	1.66	2.20	1.73	1.84	1.40
8	5	2.90	2.70	5.40	3.30	3.16	3.80	2.30
9	6	0.40	4.80	4.40	1.50	3.11	2.30	3.10
10	4	0.99	0.40	1.80	0.68	0.20	0.35	0.60
11	4	4.40	2.40	0.90	1.50	1.50	2.76	0.50
12	3	3.50	5.60	2.40	2.10	1.20	0.60	1.30
13	6	1.60	1.80	1.36	0.60	1.20	0.40	2.70
14	5	0.70	1.90	1.10	2.20	0.80	1.00	1.20
15	3	0.60	7.60	2.20	1.60	0.60	0.69	0.40
16	4	0.99	1.90	0.76	2.10	1.80	1.50	0.70
17	5	6.00	1.20	2.60	1.80	0.80	1.80	1.00
18	5	5.40	0.80	0.60	3.80	1.27	4.95	0.60
19	9	3.30	7.60	4.23	7.00	3.10	6.80	0.30
20	4	1.44	0.91	1.80	0.50	0.80	0.70	0.90
21	3	8.36	2.42	1.70	1.50	0.69	0.40	2.70
22	6	7.60	7.01	4.50	2.30	4.95	3.70	3.80
23	5	1.52	1.66	3.32	0.98	0.86	0.50	1.10
24	3	1.10	0.60	0.45	2.40	0.23	0.40	0.90
25	5	0.60	10.60	0.45	0.80	0.30	0.80	1.38
26	3	0.60	9.80	1.28	2.80	2.65	3.10	2.70
27	2	10.00	7.50	0.50	1.00	7.00	2.20	3.70
28	9	6.85	0.30	4.68	3.00	2.50	0.40	3.70
29	4	6.10	12.00	7.60	5.20	2.80	3.60	1.30
30	6	0.76	0.50	7.55	5.20	4.37	5.60	4.26
31	5	9.00	7.80	5.80	0.80	2.30	0.90	1.30
32	10	8.00	3.20	4.98	1.90	1.15	1.40	1.60
33	4	3.80	4.60	8.15	6.10	1.80	2.30	1.00
34	2	6.20	1.50	4.83	1.20	1.38	2.10	1.10

N°	N° pers. /dom	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
		01/06/08	02/06/08	03/06/08	04/06/08	05/06/08	06/06/08	07/06/08
		Peso en Kg.	Peso en Kg.	Peso en Kg.	Peso en Kg.	Peso en Kg.	Peso en Kg.	Peso en Kg.
35	9	6.20	3.00	1.96	1.60	1.50	0.35	2.90
36	4	5.40	12.10	5.13	11.80	6.21	0.58	4.10
37	4	6.30	1.90	2.11	0.68	2.65	4.26	1.60
38	8	2.30	3.80	1.51	3.00	1.50	4.72	0.90
39	3	0.91	0.00	0.90	0.20	0.90	1.84	0.20
40	4	3.80	1.40	3.20	3.50	0.40	2.30	1.30
41	7	3.30	3.30	1.20	2.10	1.38	1.62	2.20
42	6	0.84	7.10	2.70	1.20	1.40	0.58	0.80
43	4	6.10	9.00	3.50	1.20	0.90	7.59	10.40
44	5	3.80	0.30	2.40	0.76	0.40	0.92	2.50
45	8	3.20	2.20	3.00	2.30	2.30	2.30	3.10
46	8	1.20	1.60	2.60	0.40	0.75	0.23	0.20
47	6	1.98	0.20	0.45	2.80	0.80	0.58	0.60
48	5	13.60	8.00	3.93	2.70	3.45	4.80	4.60
49	3	3.40	1.30	1.21	1.20	1.38	1.50	0.46
50	9	3.20	4.10	0.91	1.80	2.19	0.76	0.58
51	5	1.70	1.40	9.90	3.30	4.40	12.60	17.30
52	4	5.00	4.50	2.10	3.00	1.90	2.53	1.20
53	8	3.34	2.40	2.70	7.40	3.91	3.45	3.30
54	3	3.95	6.60	0.98	0.76	0.35	0.23	1.40
55	5	2.89	2.10	0.76	1.36	1.50	6.70	3.00
56	7	0.61	1.20	0.98	0.60	1.50	1.90	0.40

**Cuadro A-6: Composición física de los residuos sólidos domiciliarios  
por día en el distrito de Ayacucho - 2008**

COMPONENTES	Producción Kg/día							Total	%
	Dom.	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.		
Materia orgánica	94.84	124.67	85.60	77.12	51.52	73.05	69.68	80.27	55.98
Restos de comidas	4.24	12.96	6.13	4.80	7.96	4.08	4.54	6.75	4.70
Papel, cartón	7.26	6.68	13.73	5.93	5.78	7.61	6.06	7.63	5.32
Plástico	11.78	13.31	13.35	7.74	18.42	8.37	9.39	11.77	8.20
Metales, alambres, latas	5.25	3.56	3.25	2.46	3.43	2.74	3.21	3.11	2.17
Vidrio	5.37	2.85	4.59	1.51	0.91	0.88	3.91	2.44	1.70
Pilas, baterías	0.16	0.09	0.14	0.09	0.12	0.12	0.06	0.10	0.07
Madera	40.96	0.36	0.14	-	0.03	6.73	0.55	1.30	0.91
Tetrapak	0.81	0.58	0.68	0.74	0.34	0.40	0.45	0.53	0.37
Textiles	4.64	2.94	4.96	2.97	1.78	2.37	1.97	2.83	1.97
Huesos	5.61	3.56	2.74	1.48	0.59	0.43	1.51	1.72	1.20
Residuos de baño	9.61	9.13	8.59	4.78	0.59	7.09	6.45	6.11	4.26
Tierras	11.30	15.58	8.56	5.93	6.87	9.13	4.54	8.44	5.88
Otros	13.80	12.11	4.96	19.66	11.33	7.40	6.94	10.40	7.25