



“Aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en la Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEMex, mediante la técnica del vermicompostaje”.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA:

Castaño Castillo Juana del Rocío

Serrano Reyes Eva María

DIRECTORES DE TESIS

M. en C. Patricia Mireles Lezama

Dr. en C. Gustavo Álvarez Arteaga

Toluca de Lerdo, Estado de México, Octubre 2013.

## *Agradecimientos*

*Este trabajo es el resultado del esfuerzo conjunto de quienes participamos en su desarrollo, agradecemos en especial a nuestros directores de tesis:*

*M. en C. Patricia Mireles Lezama  
Dr. en C. Gustavo Álvarez Arteaga*

*Por ser unos excelentes maestros, quienes con su experiencia y conocimientos apoyaron incondicionalmente, brindándonos parte de su tiempo hasta la culminación del proyecto.*

*Agradecemos también a nuestros revisores de tesis, por la atención prestada para el mejoramiento de este trabajo.*

*A todos nuestros profesores quienes en algún momento formaron parte de nuestro desarrollo académico y profesional. A todas aquellas personas que nos apoyaron en todos los sentidos; que se volvieron parte de nuestra vida a lo largo de la carrera.*

## *Dedicatorias*

*A mi familia; quienes por siempre me han apoyado incondicionalmente dándome lo necesario para hoy poder culminar exitosamente una de las metas planteadas en mi vida.*

*Juana del Rocío.*

*A Dios por permitirme lograr un objetivo más en mi vida. A la mujer que más admiro: mi madre Eva Reyes, por ser una mujer excepcional y apoyarme siempre en todo momento. A mi hermana Erika por ser mi mayor ejemplo de éxito. A Rosy, Brisa, José Juan y Eric por ser lo más lindo y valioso de mi vida.*

*Eva M. Serrano*



## CONTENIDO

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Figuras.....	4
Índice de Gráficos.....	4
Índice de Imágenes.....	5
Índice de Tablas.....	6
Índice de Anexos.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
JUSTIFICACIÓN.....	10
LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	12
LOCALIZACIÓN.....	12
ÁREA DE TRABAJO.....	13
HIPÓTESIS.....	14
OBJETIVO GENERAL.....	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
METODOLOGÍA.....	15
<b>CAPÍTULO I. ELEMENTOS INTRODUCTORIOS</b>	
1.1 ANTECEDENTES.....	16
1.2 ESTUDIOS REALIZADOS.....	17
1.3 RESIDUOS SÓLIDOS.....	22
1.3.1 Generación de los residuos sólidos.....	22
1.3.2 Clasificación de los residuos sólidos.....	23
1.3.3 Problemática de los residuos orgánicos.....	24
1.3.4 Aprovechamiento de los residuos orgánicos.....	25
1.4 COMPOSTAJE, LOMBRIZ DE TIERRA Y VERMICOMPOSTAJE.....	26
1.4.1 Compostaje.....	26
1.4.1.1 Factores que deben considerarse en el proceso del compostaje.....	28
1.4.1.2 Beneficios del compostaje.....	30
1.4.2 Biología de la lombriz de tierra.....	31
1.4.2.1 Aspectos generales.....	31
1.4.2.2 Estructura del cuerpo de las lombrices de tierra.....	32
1.4.2.2.1 Estructura externa.....	32



1.4.2.2 Estructura interna .....	33
1.4.2.3 Clasificación ecológica de la lombriz .....	36
1.4.2.4 Lombriz <i>eisenia foetida</i> .....	37
1.4.3 Vermicompostaje .....	39
1.4.3.1 Factores que influyen en el comportamiento de las lombrices .....	41
1.4.3.2 Producto final: humus de lombriz o vermicomposta .....	43
1.4.3.2.1 Características del humus de lombriz .....	44
1.4.3.2.2 Calidad de la vermicomposta .....	45
1.4.3.3 Beneficios del vermicompostaje .....	46

## CAPITULO II. MARCO JURÍDICO-NORMATIVO

2.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. ....	49
2.2 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE. ....	50
2.3 LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS. ....	51
2.4 LEY DE PRODUCTOS ORGÁNICOS. ....	52
2.5 NMX-FF-109-SCFI-2007-HUMUS DE LOMBRIZ (LOMBRICOMPOSTA) – ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA .....	53
2.6 CÓDIGO PARA LA BIODIVERSIDAD DEL ESTADO DE MÉXICO .....	53
2.7 NTEA-006-SMA-RS-2006- REQUISITOS PARA LA PRODUCCIÓN DE MEJORADORES DE SUELOS ELABORADOS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS. ....	55

## CAPITULO III. DESARROLLO DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE

3.1 MATERIALES EMPLEADOS .....	57
3.2 RECOLECCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS .....	59
3.2.1 Residuos de jardinería .....	59
3.2.2 Residuos de cafetería .....	60
3.3 COMPOSTEO .....	61
3.3.1 Procedimiento .....	62
3.4 VERMICOMPOSTAJE .....	67
3.4.1 Precomposteo .....	68
3.4.1.1 Procedimiento .....	68
3.4.1.2 Adquisición de la lombriz <i>eisenia foetida</i> .....	69
3.4.2 Establecimiento de las camas de vermicompostaje .....	70
3.4.2.1 Procedimiento .....	70
3.4.3 Experimento: licuado a base de residuos de cafetería .....	72



#### **CAPITULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

4.1 GENERACION DE RESIDUOS DE CAFETERIA Y JARDINERIA.....	76
4.2 RESULTADOS COMPOSTAJE.....	77
4.2.1 Parámetros obtenidos durante el compostaje.....	77
4.2.2 Resultados finales del compostaje .....	80
4.3 RESULTADOS DEL VERMICOMPOSTAJE.....	86
4.3.1 Parámetros obtenidos durante precomposteo.....	86
4.3.2 Parámetros obtenidos durante el vermicomposteo .....	86
4.3.3 Resultados del experimento del licuado .....	87
4.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DE COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE .....	91
4.5 CONCLUSIONES.....	97
4.6 RECOMENDACIONES .....	101



## Índice de Cuadros.

<b>Cuadro No.1</b>	Aportaciones de los estudios realizados.....	21
<b>Cuadro No.2</b>	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.....	50
<b>Cuadro No.3</b>	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.....	50
<b>Cuadro No.4</b>	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.....	51
<b>Cuadro No.5</b>	Ley de Productos Orgánicos.....	52
<b>Cuadro No.6</b>	NMX-FF-109-SCFI-2007.....	53
<b>Cuadro No.7</b>	Código para la Biodiversidad del Estado de México.....	54
<b>Cuadro No.8</b>	NTEA-006-SMA-RS-2006.Límites permitidos para mejoradores orgánicos.....	56
<b>Cuadro No.9</b>	Ventajas del compostaje y vermicompostaje.....	97
<b>Cuadro No.10</b>	Comparación: compostaje y vermicompostaje.....	98
<b>Cuadro No.11</b>	Recomendaciones: vermicompostaje.....	101

## Índice de Figuras.

<b>Figura No.1</b>	Caracteres externos de una lombriz de tierra.....	32
<b>Figura No.2</b>	Corte transversal de una lombriz de tierra.....	34
<b>Figura No.3</b>	Sistema digestivo.....	35
<b>Figura No.4</b>	Actividades en galerías.....	41
<b>Figura No.5</b>	Jerarquía jurídica y normativa.....	49

## Índice de Gráficos.

<b>Gráfico No.1</b>	Generación anual de residuos en la FaPUR.....	76
<b>Gráfico No.2</b>	Etapas del compostaje: mesófito y termófilo.....	77
<b>Gráfico No.3</b>	Etapas del compostaje: mesófito y termófilo.....	79
<b>Gráfico No.4</b>	Cantidad total de lombrices contabilizadas al finalizar el proceso de vermicompostaje.....	90
<b>Gráfico No.5</b>	Comparación de resultados de compostaje y vermicompostaje: Relación C/N.....	93
<b>Gráfico No.6</b>	Comparación de resultados de compostaje y vermicompostaje: Materia Orgánica.....	94
<b>Gráfico No.7</b>	Comparación de resultados de compostaje y vermicompostaje: Nitrógeno.....	95
<b>Gráfico No.8</b>	Comparación de resultados de compostaje y vermicompostaje: Fósforo.....	95
<b>Gráfico No.9</b>	Comparación de resultados de compostaje y vermicompostaje: Potasio.....	96



## Índice de Imágenes.

<b>Imagen No.1</b>	Localización del área de estudio: Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEMex.....	12
<b>Imagen No.2</b>	Mapa de las áreas de trabajo: Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEMex.....	13
<b>Imagen No.3</b>	Residuos de jardinería.....	59
<b>Imagen No.4</b>	Peso de los residuos de jardinería.....	59
<b>Imagen No.5</b>	Almacenamiento de residuos de jardinería.....	59
<b>Imagen No.6</b>	Residuos de cafetería.....	60
<b>Imagen No.7</b>	Peso de los residuos de cafetería.....	60
<b>Imagen No.8</b>	Residuos de cafetería cortados.....	62
<b>Imagen No.9</b>	Mezcla de los residuos de jardinería.....	62
<b>Imagen No. 10</b>	Colocación de las capas de residuos orgánicos.....	63
<b>Imagen No.11</b>	Capa de suelo como sustrato base.....	63
<b>Imagen No.12</b>	Segunda capa: residuos de cafetería.....	63
<b>Imagen No.13</b>	Tercera capa: residuos de jardinería.....	63
<b>Imagen No.14</b>	Composta cubierta con la bolsa de plástico.....	64
<b>Imagen No.15</b>	Apilamiento de camas de composta.....	64
<b>Imagen No.16</b>	Volteo de la composta.....	64
<b>Imagen No.17</b>	Volteo de la composta.....	64
<b>Imagen No.18</b>	Lectura del parámetro de temperatura.....	65
<b>Imagen No.19</b>	Lectura del parámetro de pH.....	65
<b>Imagen No.20</b>	Tamizado de las compostas.....	66
<b>Imagen No.21</b>	Método de cuartetos.....	66
<b>Imagen No.22</b>	Residuos cubiertos con la bolsa de plástico.....	68
<b>Imagen No.23</b>	Camas apiladas.....	68
<b>Imagen No.24</b>	Lombriz <i>eisenia foetida</i> .....	69
<b>Imagen No.25</b>	Lombriz sobre reloj de cristal.....	70
<b>Imagen No.26</b>	Peso de lombriz en la balanza analítica.....	70
<b>Imagen No.27</b>	Colocación de lombrices.....	71
<b>Imagen No.28</b>	Huevecillos de lombrices.....	71
<b>Imagen No.29</b>	Cama en reproducción.....	71
<b>Imagen No.30</b>	Residuos de cafetería.....	72
<b>Imagen No.31</b>	Empleo de licuadora convencional.....	72
<b>Imagen No.32</b>	Licuado de residuos.....	72
<b>Imagen No.33</b>	Camas de vermicompostaje con y sin licuado.....	73
<b>Imagen No.34</b>	Colocación del licuado a las camas de vermicompostaje.....	73
<b>Imagen No.35</b>	División de la cama en reproducción.....	73
<b>Imagen No.36</b>	Vaso de precipitado de 600 ml con licuado.....	74
<b>Imagen No.37</b>	Vaso de precipitado de 300 ml con licuado.....	74





## Índice de Tablas.

<b>Tabla No.1</b>	Material empleado para la recolección de residuos de jardinería.....	57
<b>Tabla No.2</b>	Material empleado para la recolección de residuos de cafetería.....	57
<b>Tabla No.3</b>	Material necesario para el compostaje y vermicompostaje.....	58
<b>Tabla No.4</b>	Relación establecida en las camas de .composteo.....	61
<b>Tabla No.5</b>	Actividades realizadas durante el compostaje.....	65
<b>Tabla No.6</b>	Relación de los ensayos a seguir para el establecimiento de las camas de vermicomposteo.....	67
<b>Tabla No.7</b>	Peso en gramos de lombrices de acuerdo a su ciclo de vida.....	69
<b>Tabla No.8</b>	Parámetros iniciales de las compostas.....	78
<b>Tabla No.9</b>	Parámetros finales de las compostas.....	79
<b>Tabla No.10</b>	Resultados de N, P, K y C/N de compostaje.....	80
<b>Tabla No.11</b>	NTEA-006-SMA-RS-2006. Límites permitidos para mejoradores orgánicos.....	81
<b>Tabla. No.12</b>	Jerarquía de los ensayos de compostaje en función al resultado de la relación C/N.....	81
<b>Tabla. No.13</b>	Jerarquía de los ensayos de compostaje en función al resultado Materia Orgánica.....	82
<b>Tabla. No.14</b>	Resultados del porcentaje de Nitrógeno en compostaje.....	83
<b>Tabla. No.15</b>	Jerarquía de los ensayos de compostaje en función al resultado de Fósforo.....	84
<b>Tabla. No.16</b>	Jerarquía de los ensayos de compostaje en función al resultado de Potasio.....	84
<b>Tabla No.17</b>	Parámetros iniciales de las precompostas.....	86
<b>Tabla No.18</b>	Parámetros iniciales de las vermicompostas.....	86
<b>Tabla No.19</b>	Parámetros finales de las vermicompostas.....	87
<b>Tabla No.20</b>	Peso promedio (gr) final de la lombriz <i>eisenia foetida</i> .....	91
<b>Tabla No.21</b>	Resultados de N, P, K y C/N de vermicompostaje.....	92

## Índice de Anexos.

<b>Anexo No.1</b>	Registro de parámetros en cada volteo durante el compostaje.....	105
<b>Anexo No.2</b>	Cantidad de composta producida por ensayo.....	107
<b>Anexo No.3</b>	Resultados del ICAMEX- técnica de compostaje.....	108
<b>Anexo No.4.</b>	Registro de parámetros en cada volteo durante el vermicompostaje.....	109
<b>Anexo No.5</b>	Resultados del ICAMEX- técnica de vermicompostaje.....	110



## INTRODUCCIÓN

La información sobre la composición de los residuos sólidos es importante para poder evaluar cuáles son sus posibilidades de aprovechamiento antes de ser considerados como desechados (Tchobanoglous, 1994).

En México, poco más de la mitad de los residuos son de naturaleza orgánica; para la década de los 50 el porcentaje de residuos orgánicos en la basura oscilaba entre 65 y 70% de su volumen, mientras que para el 2011 esta cifra se redujo al 52.4% sin embargo, la cantidad de residuos orgánicos actualmente sigue predominando (SEMARNAT, 2012).

El manejo inadecuado de los residuos orgánicos genera malos olores y puede producir microorganismos patógenos, larvas e insectos que pueden ser vectores de enfermedades. Estos no han sido valorados de acuerdo al grado de impacto que tienen al representar un factor importante como fuente de contaminación al ambiente. La creciente problemática en torno a la generación de estos residuos es determinante para el desarrollo de acciones que mitiguen y reviertan esta situación.

En este sentido, el presente proyecto tiene como objetivo dar aprovechamiento a los residuos orgánicos que se generan en la Facultad de Planeación Urbana y Regional (FaPUR) al desarrollar la técnica de vermicompostaje, la Facultad como un espacio académico de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex) debe ser ejemplo de la aplicación de acciones que contribuyan al aprovechamiento de estos residuos contribuyendo así a la reducción de la problemática que se presenta en los sitios de disposición final al llegar todo tipo de residuos sin ser separados.

El trabajo comprende cuatro capítulos; en el primero se aborda el marco teórico donde se incluyen los antecedentes y los estudios realizados sobre la técnica de vermicompostaje y sus alcances. En el segundo capítulo se analizan las bases jurídicas y normativas que corresponden a la temática abordada.

El tercer capítulo presenta el desarrollo de la metodología de las técnicas de compostaje y vermicompostaje, así como los materiales que se emplearon para cada una de estas. El cuarto y último capítulo comprende los resultados obtenidos y un análisis comparativo de ambas técnicas, se presentan también las conclusiones y recomendaciones resaltando las observaciones más importantes del trabajo realizado.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a la SEMARNAT, la generación de basura al día en las grandes ciudades de nuestro país es en promedio de 1 kilogramo per cápita, de la cual más del 40% pertenece a residuos sólidos orgánicos que son generadores de enfermedades, malos olores, contaminación del agua, suelo y atmósfera. Los residuos orgánicos tardan aproximadamente de 6 meses a un año (dependiendo de la composición del residuo) como mínimo para desintegrarse de forma natural. Bajo la presencia de estos residuos, se incrementa la cantidad de virus, bacterias, insectos y roedores por efecto de su descomposición.

Los residuos orgánicos afectan en general a todas las personas, sus actividades y sus espacios, no sólo por lo que estos representan en términos de recursos abandonados, sino por la incapacidad para encontrar lugares que permitan su acomodo correcto desde el punto de vista ecológico; esta incapacidad está determinada por la gran cantidad de residuos que generamos. El problema tiende a empeorarse debido al aumento de la producción y el consumo de bienes y servicios. Dentro de cada uno de los organismos académicos de la Universidad Autónoma del Estado de México se brinda el servicio de cafetería, lo cual diariamente genera residuos orgánicos como producto del consumo de alimentos, así mismo la poda de áreas verdes genera este tipo de residuos. Considerando que en la UAEMex la mayoría de estos residuos no son aprovechados la técnica del vermicompostaje debe convertirse en una prioridad para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de la Institución.

Actualmente, para el año 2013 la Universidad Autónoma del Estado de México tiene 21 facultades, 11 centros universitarios, 5 unidades académicas profesionales, 9 planteles de la escuela preparatoria, 18 centros de investigación y 2 institutos de investigación, teniendo un total de 66 espacios académicos. La UAEMex para el ciclo escolar 2012-2013 atiende una matrícula de 65,516 estudiantes, en educación media superior, superior y posgrado. Cuenta con un abanico de 153 licenciaturas, de las cuales 148 son presenciales y cinco de educación a distancia, para el caso específico de la Facultad de Planeación Urbana y Regional para el mismo ciclo escolar cuenta con una matrícula de 588 alumnos.

En cada organismo el servicio de cafetería es usado por los estudiantes, docentes y el personal administrativo de esta manera, todos somos generadores de residuos sólidos dentro de los cuales desatacan los orgánicos.

Una carencia importante que presenta la UAEMex es la falta de programas y prácticas donde se aprovechen los residuos orgánicos que se generan dentro de la misma y la



falta de información acerca de los beneficios que podrían obtenerse si este tipo de residuos se aprovechara.

Considerando la problemática ambiental que los grandes volúmenes de residuos orgánicos representan actualmente, se considera urgente dar solución a esta problemática que atenta contra la calidad ambiental. En este sentido, la Facultad de Planeación Urbana y Regional puede ser un centro generador de este cambio; creando conciencia en los estudiantes acerca de este problema e introduciendo los conceptos y prácticas del compostaje y vermicompostaje debido a que la generación de los residuos de cafetería en la FaPUR incrementa en función de la matrícula escolar y demás personal por lo que, la producción de alimentos se eleva para poder prestar su servicio; los residuos de jardinería son el resultado de la poda ocasional de las áreas verdes en la FaPUR, siendo la Dirección de Obra Universitaria de la UAEMex la encargada de realizar dicha actividad y de la disposición de los mismos. Sin embargo, el volumen generado de los residuos de jardinería puede ser aprovechado junto con los residuos de la cafetería disminuyendo así, la disposición inadecuada y los efectos que estos pueden generar en el ambiente y la salud.

La FaPUR oferta la licenciatura en Ciencias Ambientales sin embargo, ésta no destaca por el desarrollo de proyectos que atiendan la problemática de los residuos orgánicos. Actualmente en la Facultad no existe alguna práctica permanente que ayude a minimizar los impactos de estos residuos y sobretodo la ejecución de algún proyecto que aproveche los residuos orgánicos que son generados. Estos residuos han sido desaprovechados y por lo tanto se les ha considerado como parte de la basura.



## JUSTIFICACIÓN

La Universidad Autónoma del Estado de México es un centro de enseñanza donde un factor importante no sólo es la formación de profesionales y/o científicos, sino la formación integral de los estudiantes en un ambiente grato y saludable para alcanzar sus metas de desarrollo integral. Por ello, la ejecución de proyectos dentro de la Universidad integra la participación de alumnos mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos en el aula de tal manera que, se puede lograr una contribución en el ámbito social, económico y sobre todo ambiental. Por lo que, los proyectos enfocados a la protección del ambiente requieren de la prevención de la contaminación a través de la conjugación de conocimientos, materiales, procesos o prácticas que minimicen el impacto de la problemática ambiental.

Actualmente, existen diversas técnicas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos, una de ellas es el vermicompostaje; técnica que ha ido tomando relevancia a nivel nacional en los últimos años. Dentro de la UAEMex la investigación en cuanto a esta técnica ha tenido un crecimiento paulatino, pero aún existe la necesidad de desarrollar proyectos referentes a este tipo de aprovechamiento que contribuyan a minimizar la problemática de los residuos orgánicos de una forma permanente.

La actual ausencia de trabajos en la FaPUR que integren el aprovechamiento de los residuos de cafetería y jardinería nos llevó a la elección de implementar la técnica de vermicompostaje como una alternativa para dar uso eficiente a los residuos generados dentro de la misma, de tal manera que mediante la experimentación con esta técnica se logren aprovechar estos residuos orgánicos.

Por ello, el presente proyecto de vermicompostaje considera la necesidad de establecer una alternativa para aprovechar los residuos orgánicos a falta de una adecuada gestión en la Facultad de Planeación Urbana y Regional, ya que no existe en ninguna Facultad o bien, en la misma Universidad un proyecto de este tipo. Sin embargo, se tiene conocimiento de la existencia de estos proyectos en otras Universidades en el país, como lo es el caso de Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Metropolitana y el Instituto Politécnico Nacional donde existe un centro de compostaje en el que se aprovechan los residuos orgánicos generados en las Facultades de estas instituciones.

El aporte de este proyecto será presentar la metodología desarrollada en el experimento de manera documentada, se presentarán las cantidades del material utilizado, la técnica empleada y los resultados obtenidos. Será un trabajo que incluya



información detallada de manera benéfica para la Facultad, que logre aportar datos cualitativos y cuantitativos del aprovechamiento los residuos orgánicos.

Cabe mencionar que gran parte de los lixiviados que se generan en los tiraderos son a causa de la descomposición de los residuos orgánicos que llegan a este lugar, por ello al ser reutilizados mediante la técnica de vermicompostaje estaremos evitando en gran medida que se presenten problemas de contaminación. De esta manera, con este proyecto se pretende reducir el porcentaje de estos residuos generados en la Facultad que actualmente son enviados al tiradero sin ser reutilizados. Los desechos entregados al camión recolector presentarán un mejor estado, pues al no ser mezclados con residuos orgánicos no se producirán malos olores y esto podrá facilitar la separación en el sitio de disposición final. Por lo que, si el objetivo planteado en este proyecto se logra satisfactoriamente, se incita a los directivos de la FaPUR a desarrollar de manera permanente la técnica de vermicompostaje para el aprovechamiento de los residuos orgánicos.



## LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### LOCALIZACIÓN

La Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEMex se encuentra ubicada en la Calle Mariano Matamoros casi esquina Paseo Tollocan s/n, Colonia Universidad. Toluca, Estado de México.

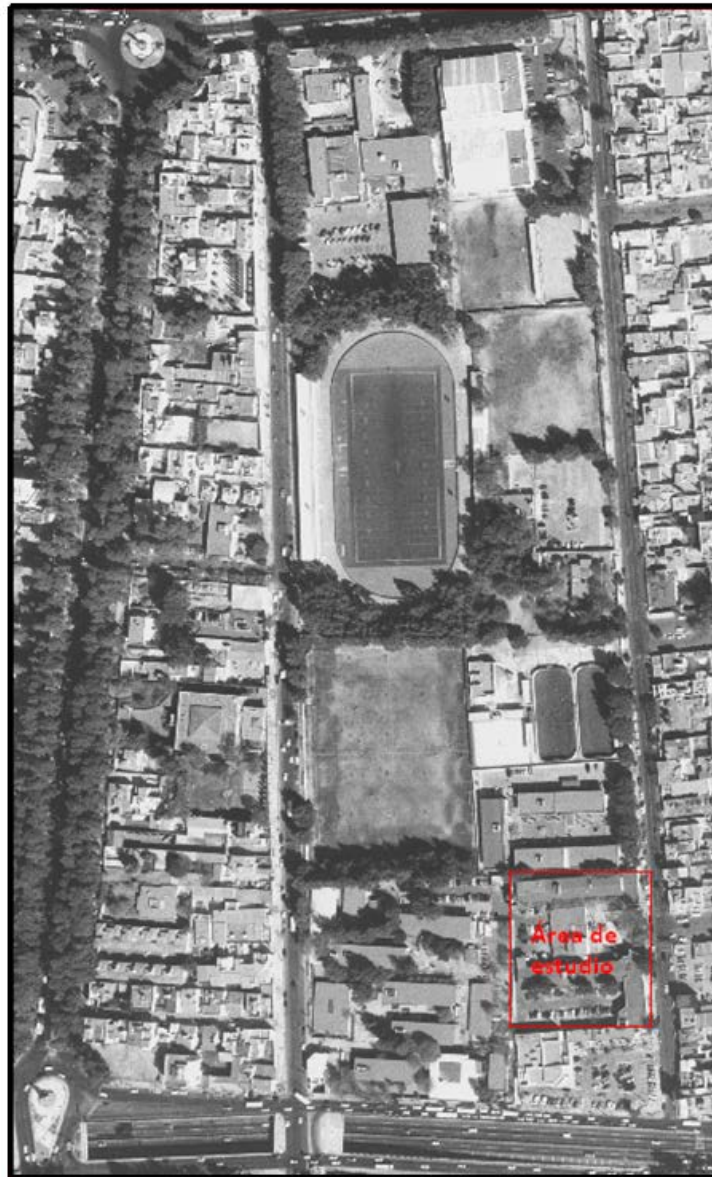


Imagen No.1

Localización del área de estudio: Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEMex.



## ÁREA DE TRABAJO

La áreas de la FaPUR destinadas como lugar de trabajo son: la Unidad de Laboratorio de Ciencias Ambientales (ULCA) empleado para la realización de análisis de las muestras, el patio trasero de la ULCA, área empleada para el almacenaje de los residuos orgánicos y el jardín noroeste de la ULCA que se destinó como el lugar para el establecimiento de las camas de vermicompostaje.

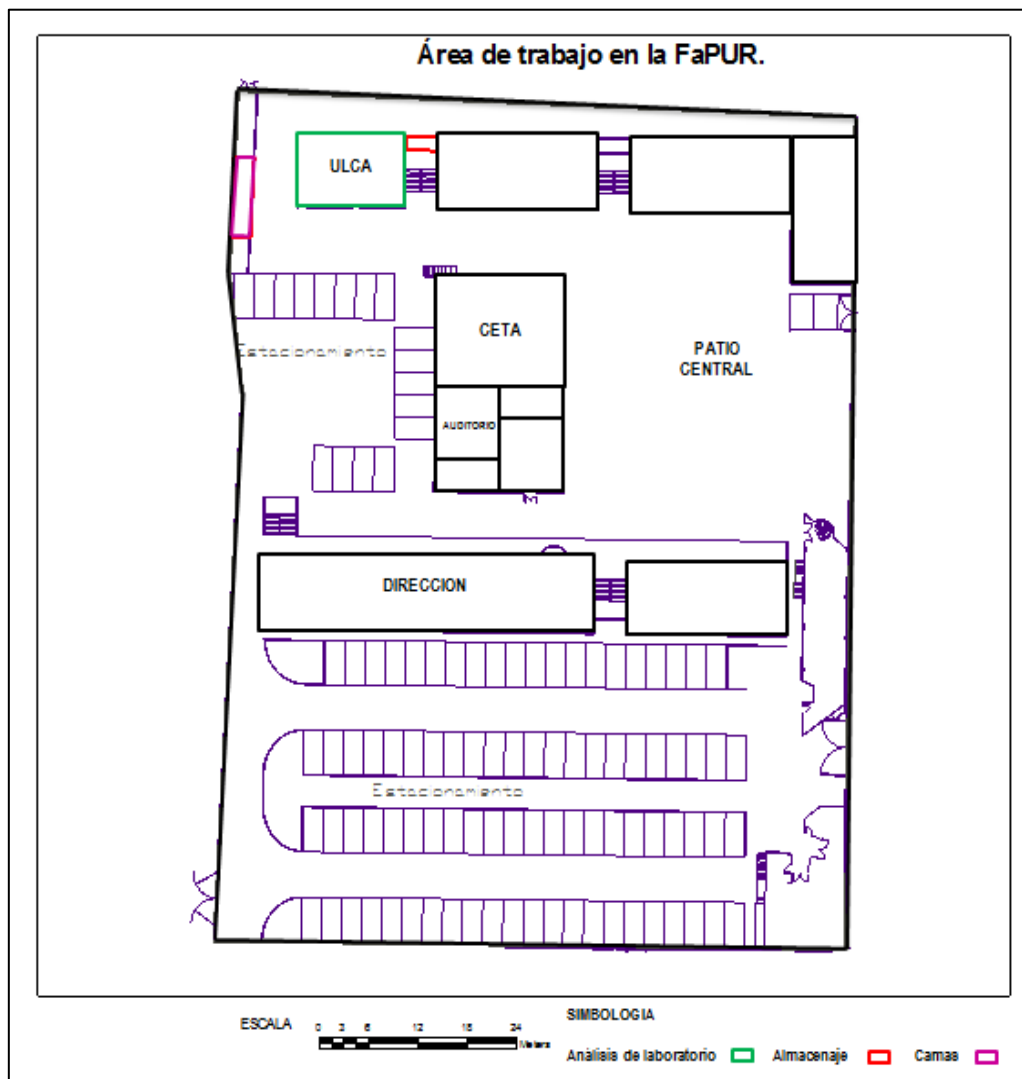


Imagen No.2

Mapa de las áreas de trabajo: Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEMex.





## HIPÓTESIS

La técnica de vermicompostaje permite aprovechar eficientemente los residuos de cafetería y jardinería generados en la Facultad de Planeación Urbana y Regional.

### OBJETIVO GENERAL

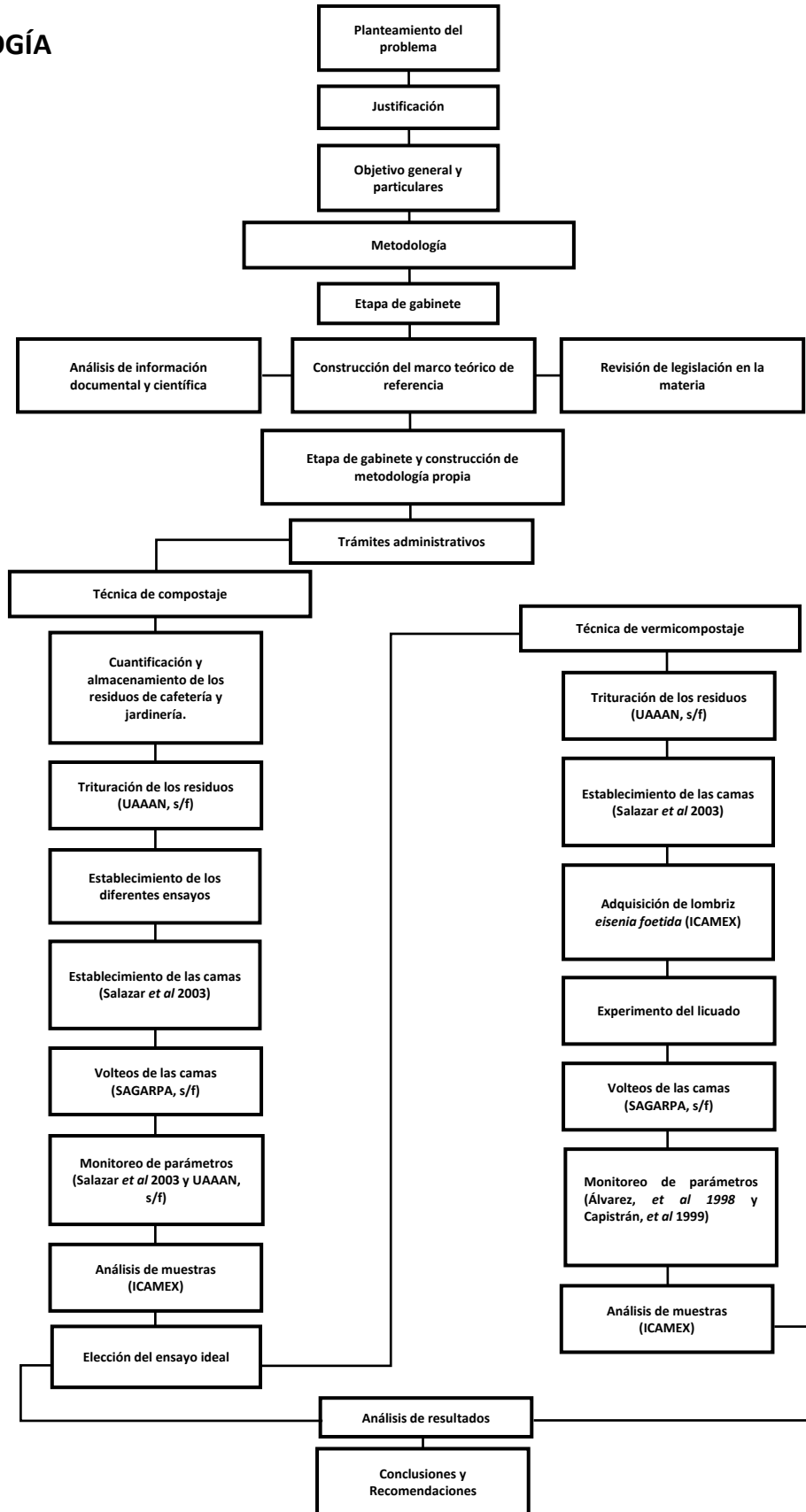
- Aprovechar los residuos de cafetería y jardinería de la Facultad de Planeación Urbana y Regional mediante la técnica de vermicompostaje.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Revisar fuentes bibliográficas sobre temas relacionados con residuos orgánicos, composta y vermicomposta para elegir la metodología que se adecue al objetivo planteado y realizar los procedimientos administrativos correspondientes para contar con el apoyo de la UAEMex para la realización del presente trabajo.
2. Clasificar y cuantificar los residuos de cafetería y jardinería generados en la FaPUR, realizar pruebas de ensayo mediante la técnica de compostaje con distintas cantidades de estos residuos (en kilogramos) y al final del proceso realizar un análisis de la relación C/N y macronutrientes.
3. Identificar el ensayo con la mejor relación C/N y macronutrientes, reproducirlo a través de la técnica vermicompostaje y a su vez experimentar mediante un licuado si es posible realizar el aprovechamiento de los residuos de cafetería inmediatamente al ser generados y al término de todo este proceso hacer otro análisis de C/N y macronutrientes.
4. Realizar un análisis comparativo de los resultados de la relación C/N y los macronutrientes obtenidos en el compostaje y vermicompostaje, con la finalidad de analizar y comparar la eficiencia de ambas técnicas, y de esta forma conocer cuál técnica resulta ser la más favorable. Dar conclusiones y recomendaciones finales de acuerdo a los resultados obtenidos en cada una de estas técnicas.



## METODOLOGÍA





# Capítulo I

## Elementos Introdutorios.

---

### 1.1 ANTECEDENTES

El estudio de la lombriz se remonta a las civilizaciones antiguas que utilizaban a la lombriz como criterio de clasificación de suelos. Como ejemplo, tenemos a los egipcios quienes le rendían honores como agradecimiento por el incremento en la fertilidad de las tierras del Nilo.

Los Incas en el antiguo Perú, ya apreciaban la importancia de estas especies en las tierras de cultivo; incluso uno de los valles más fértil y sagrado para los Incas fue llamado Urumba, en honor a la lombriz, ya que es palabra compuesta de origen *Quechua*; *Urur lombriz y bamba, valle (valle de lombrices)*.

El potencial de las lombrices para el manejo de desechos orgánicos fue demostrado por Fosgate y Babb en 1972 quienes alimentaron lombrices con estiércol animal, obteniendo un kilo (peso fresco) de lombrices por cada dos kilos (peso seco) de estiércol; en igual forma Hartenstein en 1981 logró reproducir sobre lodos activados, un número determinado de lombrices y observó que la biomasa se duplicó en cuatro semanas.

Sabine (1983) ha resumido el potencial del cultivo intensivo de lombrices para el manejo de desechos orgánicos de la siguiente forma:

- 1) Reducen las características nocivas en los desechos orgánicos, eliminando los malos olores y reduciendo los microorganismos dañinos al hombre.
- 2) Especies domesticadas alcanzan en poco tiempo altas densidades de población debido a su rápida reproducción y fácil manejo en camas.
- 3) Obtención de útiles y negociables subproductos como fertilizantes orgánicos y lombricomposta.
- 4) Producción de harina de lombriz con altos contenidos de proteína para alimentación animal y humana.

Según la literatura, el lombricompostaje como actividad nace en Estados Unidos a finales de los años 40 y principios de los años 50 al comenzar a criarlas. En América Latina inicia su desarrollo a principios de los años 80, estableciéndose con gran éxito en países como Chile, Perú, Ecuador y Cuba; hoy en día esta actividad es prácticamente desarrollada en toda América Latina, América del Norte y las Islas Caribeñas. En



México el desarrollo de esta actividad se inicia a partir de 1996, sin olvidar que se realiza investigación desde 1980.

## 1.2 ESTUDIOS REALIZADOS

Una de las alternativas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos es la técnica de vermicompostaje, que emplea una especie de lombriz domesticada, como herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica, y ha mostrado ser una solución simple a la problemática de los residuos orgánicos generados por las distintas actividades humanas.

El resultado favorable de esta técnica para el aprovechamiento de los residuos orgánicos está representado en el trabajo de Gómez, *et al*, (2010) "Papel de las lombrices de tierra en la degradación del bagazo de uva: efectos sobre las características químicas y la microflora en las primeras etapas del proceso". En este trabajo se tuvo como objetivo conocer qué tipos de cambios químicos, bioquímicos y microbiológicos se producen durante la fase activa del proceso de vermicompostaje del bagazo de uva, y así ampliar nuestro conocimiento del papel que desempeñan las lombrices de tierra en el proceso de descomposición de la materia orgánica. De esta manera, se menciona a la industria vitivinícola como una actividad de gran importancia en varias regiones de España debido a que genera una gran cantidad de residuos originados en las distintas etapas de la fabricación del vino.

De las diversas alternativas para su tratamiento, el vermicompostaje constituye un proceso adecuado de estabilización de estos residuos, eliminando su contaminación potencial y permitiendo obtener un producto estable e inocuo. En este trabajo se estudiaron los cambios químicos, bioquímicos y microbiológicos que se producen a corto plazo en la degradación del bagazo de uva, un residuo orgánico cuya acumulación y gestión constituye un importante problema ambiental. Tras 15 días de procesado por las lombrices, se observó una reducción significativa en la biomasa fúngica medida como el contenido de ergosterol, así como una disminución de la actividad microbiana y de las actividades enzimáticas celulasa y proteasa.

La rapidez con que ocurrieron estas transformaciones hacen del proceso de vermicompostaje un buen sistema para estudiar el papel de las lombrices de tierra y su microflora asociada en las primeras etapas de la degradación del bagazo de uva; y proporcionan un importante avance de la posible aplicación del vermicompostaje como una alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos derivados de la industria vitivinícola.



Así mismo, Rodríguez, *et al*, (2003) resaltan la importancia de evaluar diferentes sustratos que estén disponibles en cada región, ya que es factible obtener lombricomposta de una gran variedad de materiales orgánicos. Desarrollaron el trabajo titulado “Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de lombricomposta con *eisenia foetida*” que tuvo como objetivo evaluar tres sustratos orgánicos (estiércol bovino, lirio acuático, y mezcla de desechos de mercado) como fuente para producir lombricomposta. Resultando que el estiércol de bovino y el lirio acuático son sustratos con buenas cualidades para producir lombricomposta y lombrices, pues se requiere de poco tiempo para que los sustratos se transformen en humus. Pero la combinación de los desechos de mercado presenta la mayor producción de lombrices y con el mejor peso debido a la combinación de sustratos vegetales, los cuales pueden ser utilizados en actividades como la avicultura y la acuicultura. Mencionan que el lombricompostaje es una técnica versátil para la producción de humus, y con los nuevos retos que promueve el desarrollo sustentable.

Por su parte, Morales, *et al*, (2009) en “Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*eisenia foetida*)” mencionan que en el proceso de producción de vermicomposta intervienen varios factores tales como el tipo y cantidad de sustrato, la especie y la cantidad de lombrices, la humedad del sustrato y las condiciones de las instalaciones utilizadas. Y consideran que el manejo del vermicompostaje es una de las nuevas técnicas de la agricultura orgánica, en la que por medio del manejo de procesos naturales en el suelo, el humus permite favorecer la dinámica de este y como consecuencia, obtener un impacto benéfico. Para ello, evaluaron los siguientes tratamientos para la producción de vermicompostaje: estiércol de caballo, de cerdo, de vaca y gallinaza, con la finalidad de evaluar cuál de estos sustratos proporciona la mejor relación Carbono/Nitrógeno (C/N), además para obtener el mejor desarrollo de la lombriz se utilizó paja de trigo (40% en peso) en todos los tratamientos. Resultando que la mejor fuente de Nitrógeno disponible para las plantas se obtuvo de la lombricomposta con sustrato de cerdo.

Las lombricompostas elaboradas con sustrato de caballo presentaron los mejores valores como fuentes de carbono orgánico, materia orgánica, conductividad eléctrica, relación C/N, pH, y conteo de lombrices. El sustrato que presenta características favorables para ser utilizado en las actividades agrícolas resultó ser el de caballo, siendo el sustrato de vaca el menos conveniente como mejorador de suelo. “Debido a que las actividades productivas tanto urbanas como rurales generan grandes cantidades de desechos orgánicos que representan una fuente potencial de contaminación, para poder incrementar el valor económico de estos desechos, es necesario convertirlos en productos útiles”.



En el trabajo de Campos, *et al*, (2011) “Predicción y comparación de transferencia de nutrientes de dos tipos de vermicomposteo de lodos residuales a suelos forestales” han constatado que las actividades tanto urbanas como rurales generan grandes cantidades de estos desechos orgánicos que representan una fuente potencial de contaminación. Lo cual representa un problema para las empresas tratadoras de aguas residuales en cuanto a la disposición final de los grandes volúmenes de estos lodos, de ahí que cuando se han composteado, estos lodos digeridos son comparables con los abonos de granja en cuanto a su riqueza nutrimental para las plantas y su disponibilidad.

En éste trabajo de investigación, se propuso el vermicomposteo de lodos activados adicionando materiales orgánicos con la finalidad de establecer la relación ideal de Carbono-Nitrógeno para posteriormente ser aplicados a muestras de suelo forestal del Parque Nacional Nevado de Toluca, Estado de México, con el objetivo de transferir nutrientes y con ello favorecer el crecimiento de una especie vegetal.

Realizaron su trabajo con la finalidad de explorar y predecir cuales serían las reacciones químicas que se llevarían a cabo, con la adición de la vermicomposta de lodos residuales de una planta de tratamiento a suelos forestales de Parque Nacional Nevado de Toluca. Realizaron dos experimentos de vermicomposta; 1) sustrato de lodos residuales y 2) sustrato orgánico (restos de comida). En los dos tipos de vermicomposteo se recolectó humus de lombriz y se precedió a caracterizarlos fisicoquímicamente con los parámetros de pH, Humedad, Nitrógeno, Carbono Orgánico, Materia Orgánica, Relación C/N, Fosforo y Magnesio.

En cuanto al lodo residual empleado en la vermicomposta, éste muestra valores altos de porcentajes de Carbono, Nitrógeno, esto se justifica debido al origen de lodo, ya que proviene de una planta de tratamiento que recibe aguas residuales de industrias de varios giros, como son: colorantes, pigmentos, alimentaria y farmacéutica, de ahí que muestre valores altos en estos dos parámetros.

Posteriormente, Martínez, *et al*, (2011) dieron continuidad al mismo trabajo y establecieron que el proceso de vermicomposteo de lodos residuales es una opción de disposición final, ya que la cantidad de nutrientes que se generan al final del proceso metabólico de las lombrices y la incorporación del humus de lombriz proveniente de esta actividad es una propuesta de solución a la problemática del volumen de lodos residuales generados en las empresas tratadoras de aguas residuales.

El vermicompostaje como alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos ha incrementado de forma considerable. Domínguez y Gómez (2010) “Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje” resaltan que los nuevos conocimientos de los ciclos de vida y de las condiciones óptimas de crecimiento de



especies ya utilizadas, así como la inclusión de nuevas especies de categorías ecológicas diferentes a las habituales capaces de procesar distintos tipos de residuos que han ampliado el marco de actuación del vermicompostaje en el tratamiento y gestión de estos residuos.

Otero (2010) en su proyecto de tesis “Producción y evaluación de vermicomposta en Hormigueros, Sierra Nanchititla, México” considera a la vermicomposta como un método ideal destinado al reciclaje de residuos orgánicos, a la producción de humus, al crecimiento de las plantas, como mejorador de suelos. En este trabajo, menciona al vermicomposteo como un proyecto productivo que ambientalmente ayuda a la reducción de residuos orgánicos. La materia prima que se utiliza durante el vermicomposteo son residuos orgánicos: estiércol, residuos de cultivos, aguas negras, desechos domésticos, lodos, etc. Estos desechos los descomponen para convertirlos en humus, mismos que poseen un alto contenido de elementos nutritivos.

Generalmente la descomposición natural de los residuos orgánicos es un proceso que lleva tiempo en realizarse, por ello el vermicompostaje es un mecanismo que contribuye a acelerar dicho proceso, la capacidad que tiene la lombriz de tierra como un organismo adicional a estos sistemas biotecnológicos resulta de gran importancia.

Esta autora evaluó los parámetros químicos y físicos resultantes en el vermicompostaje de tres tratamientos (sustrato de origen animal, sustrato de origen vegetal y sustrato mixto), con la finalidad de seleccionar el tratamiento que aporte mayor cantidad de nutrimentos al suelo. Resultando que la vermicomposta del sustrato animal (estiércol caprino) y el mixto fueron las más aptas y las que arrojaron mejores resultados. Con lo que concluye que la implementación de biotecnologías como la vermicomposta permite el reciclaje de residuos sólidos, así mismo disminuye el impacto ambiental negativo.

De acuerdo a estos estudios realizados en el siguiente cuadro se muestran las aportaciones más representativas de cada uno de ellos, las cuales fueron retomadas teóricamente para la elaboración de este trabajo.



**Cuadro No. 1**  
**Aportaciones de los estudios realizados.**

Caso de estudio	Autor/año	Aportaciones
<b>Papel de las lombrices de tierra en la degradación del bagazo de uva: efectos sobre las características químicas y la microflora en las primeras etapas del proceso.</b>	Gómez, <i>et al</i> , (2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reacciones en el proceso de vermicompostaje.</li> <li>•Función de las lombrices en la descomposición de residuos orgánicos.</li> <li>•Conocimiento del potencial del vermicompostaje en la industria.</li> </ul>
<b>Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de Lombricomposta con <i>eisenia foetida</i>.</b>	Rodríguez, <i>et al</i> ,(2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Elaboración de vermicomposta con distintos tipos de sustrato.</li> <li>•Influencia del tipo de sustrato para la reproducción de la lombriz y calidad del producto.</li> <li>•Lombricompostaje: técnica viable para la obtención de humus.</li> </ul>
<b>Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (<i>eisenia foetida</i>).</b>	Morales, <i>et al</i> ,(2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•La temperatura, humedad, tipo de sustrato y cantidad de lombrices son factores que intervienen en el proceso de producción de humus.</li> <li>•Importancia de la relación Carbono/Nitrógeno.</li> <li>•Los desechos orgánicos pueden tener un valor económico al ser convertidos en humus.</li> </ul>
<b>Predicción y comparación de transferencia de nutrientes de dos tipos de vermicomposteo de lodos residuales a suelos forestales.</b>	Campos, <i>et al</i> , (2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Desechos orgánicos. Fuente potencial de contaminación.</li> <li>•Relación Carbono/Nitrógeno.</li> <li>•Parámetros físico químicos.</li> </ul>
<b>Predicción de la transferencia de nutrientes de lodos vermicomposteados a suelos forestales del Parque Nacional Nevado de Toluca.</b>	Martínez, <i>et al</i> , (2011)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Vermicompostaje: una opción de disposición final.</li> </ul>
<b>Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje</b>	Domínguez y Gómez (2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Vermicompostaje: alternativa para la gestión tratamiento de los residuos orgánicos así como el aprovechamiento de estos.</li> <li>•Especies de lombrices identificadas.</li> <li>Ciclos de vida de la lombriz y crecimiento.</li> </ul>
<b>Producción y evaluación de vermicomposta en Hormigueros, Sierra Nanchititla, México.</b>	Otero (2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Vermicompostaje: considerado como proyecto ambiental e ideal para el reciclaje de residuos orgánicos y la producción de humus.</li> <li>•Humus: mejorador de suelos, debido su alto contenido de nutrientes.</li> <li>Tipos de sustratos para el vermicompostaje.</li> <li>•Proceso de descomposición de los residuos orgánicos.</li> <li>•Influencia de la lombriz en el proceso de descomposición.</li> <li>•Parámetros fisicoquímicos.</li> </ul>





## 1.3 RESIDUOS SÓLIDOS

De acuerdo con la LGEEPA (1996), los residuos sólidos son “cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento; cuya calidad no permite usarlo nuevamente en el proceso que lo generó”.

Los residuos sólidos son considerados como municipales cuando entran en el sistema de recolección y /o se depositan en los sitios municipales que los ayuntamientos habilitan con respectivas autorizaciones para uso de confinamiento. Todos los residuos son municipales debido a que la recolección, tratamiento y disposición de los mismos se encuentra a cargo de los gobiernos locales, según los establecen las leyes en materia de medio ambiente (Muñoz, M. 2004).

### *Diferencia entre los conceptos de residuo, desecho y basura*

Es importante aclarar el significado de estos términos, debido a que comúnmente suelen confundirse o son empleados como sinónimos. De esta manera se tiene que el término “residuo” ha significado para la mayoría de la población como algo despectivo; algo que carece de valor y de lo que hay que deshacerse, lo que se convierte en un estorbo, sin embargo este puede ser reutilizado para otros fines.

De acuerdo a la LGEEPA, se concibe como “desecho” a aquel residuo sin posibilidad de reutilización y para el cual deberán implementarse diversos procedimientos de tratamiento y disposición final, dado que no posee valor de mercancía.

Por otro lado, se tiene que la “basura” comprende los restos que quedan de algún producto; son las porciones que resultan de la descomposición o destrucción de artículos generados en las actividades de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización o tratamiento, y cuya condición no permite incluirlo nuevamente en su proceso original en forma directa.

### 1.3.1 GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) menciona que la generación de residuos es de momento una actividad poco controlable por lo que, la reducción en el origen aunque no esté controlada por gestores de residuos sólidos, actualmente es considerada como un método para limitar las cantidades de residuos generados (SEMARNAT, 2001).



Los datos más actuales en cuanto a la generación de residuos sólidos que presenta esta dependencia son para el año 2011, donde se reporta un total de 41 millones de toneladas de residuos generados, que es equivalente a una generación diaria de 112.5 mil toneladas de residuos sólidos, de este total las entidades federativas que generaron los mayores volúmenes fueron el Estado de México (16% del total nacional), Distrito Federal (12%), Jalisco (7%), Veracruz (5.5%) y Nuevo León (5%).

Notablemente, en los últimos años la generación de estos residuos sólidos se ha incrementado; tan sólo entre 2004 y 2011 creció 25% como resultado principalmente del crecimiento urbano, el desarrollo industrial, las modificaciones tecnológicas, el gasto de la población y el cambio en los patrones de consumo (SEMARNAT, 2012).

### **1.3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

La información sobre la composición de los residuos sólidos es importante para poder evaluar cuáles son sus posibilidades de aprovechamiento antes de ser considerados como desechados (Tchobanoglous, 1994).

De acuerdo a Muñoz, M. (2004) los residuos sólidos se dividen en dos grupos: orgánicos e inorgánicos, los orgánicos son todos aquellos de origen biológico que en algún momento tuvieron vida, es decir, todo aquello que nace, vive, se reproduce y muere, generalmente están compuestos de desperdicios de comida, y restos de plantas y animales. Por otra parte, Jaramillo (2008) los define como “aquellos residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, la mayoría de ellos son biodegradables (se descomponen naturalmente) y se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica”.

Siguiendo a Muñoz, los residuos inorgánicos están compuestos en su mayoría por materiales de difícil descomposición; es decir, que su integración es muy lenta debido a la presencia de materiales como el vidrio, el plástico, el aluminio, textiles, entre otros. La característica de estos residuos es que pueden volver a ser utilizados por medio de la venta a industrias que los utilizan como materia prima para la elaboración de nuevos productos.

En México, poco más de la mitad de los residuos son de naturaleza orgánica (residuos de comida, jardines, etc.), para la década de los 50 el porcentaje de residuos orgánicos en la basura oscilaba entre 65 y 70% de su volumen, mientras que para el 2011 esta cifra se redujo al 52.4% sin embargo, la cantidad de residuos orgánicos actualmente sigue predominando (SEMARNAT, 2012).



### 1.3.3 PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

Un manejo inadecuado de los residuos orgánicos genera malos olores y puede producir microorganismos patógenos, larvas e insectos que pueden ser vectores de enfermedades. Por otro lado al degradarse producen: 1) una mezcla de gases conocida como biogás compuesta en su mayoría por metano ( $\text{CH}_4$ ) y bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), ambos gases efecto invernadero y 2) un líquido contaminante que se forma por reacción, arrastre o percolación, siendo el resultado del paso de un disolvente, generalmente agua, a través de un estrato de residuos sólidos y que contienen en disolución y/o suspensión, sustancias contenidas en los mismos llamado lixiviado. (Quintero, R., 2004).

#### *Impactos ambientales*

Los residuos orgánicos no han sido valorados de acuerdo al grado de impacto que tienen sin embargo, éstos representan un factor importante como fuente contaminación al ambiente. Jaramillo (2008) describe los impactos ambientales negativos causados por el mal manejo de los residuos orgánicos de la siguiente manera:

- **Contaminación de aguas:** la disposición no apropiada de residuos orgánicos puede provocar la contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua, además de contaminar la población que habita en éstos medios.
- **Contaminación de suelos:** los suelos pueden ser alterados en su estructura, debido a la acción de los líquidos percolados (lixiviados) dejándolos inutilizados por largos periodos de tiempo o disponiéndolos indebidamente sobre el recurso.
- **Contaminación atmosférica:** el olor generado por la descomposición y la acción microbiana representa las principales causa de contaminación atmosférica.
- **Enfermedades provocadas por vectores sanitarios:** existen varios vectores de gran importancia epidemiológica cuya aparición y permanencia pueden estar relacionados en forma directa con la ejecución inadecuada de alguna de las etapas en el manejo de los residuos sólidos orgánicos, esto debido a la composición de los mismos y a la “facilidad” en la descomposición de los mismos.
- **Problemas paisajísticos:** la acumulación en lugares no aptos de residuos trae consigo un impacto paisajístico y visual negativo.
- **Vectores:** uno de los problemas más comunes encontrados por el mal manejo de los residuos orgánicos es la proliferación de vectores (moscas, roedores y demás insectos).



### 1.3.4 APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

De acuerdo a *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*, publicada el 8 de octubre de 2003, el aprovechamiento de los residuos se entiende como “el conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía”.

Jaramillo (2008) señala que la maximización del aprovechamiento de los residuos generados y en consecuencia la minimización de las basuras, contribuye a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir sus costos, así como a reducir la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final o que simplemente son dispuestos en cualquier sitio contaminando el ambiente.

En México y en casi todas partes del mundo, los desechos se componen de papel, cartón, vidrio, plástico, metales, materia orgánica y otros. Todos estos residuos mezclados se afectan unos a otros por sus características y reacciones químicas (SEMARNAT, 2005).

Por ello, se debe tener un método efectivo para disponer los materiales en lugares y condiciones adecuadas y aprovechar aquellos que puedan reciclarse. Una forma de reciclar la basura es separándola en residuos orgánicos e inorgánicos para aplicar diferentes métodos de aprovechamiento (Aguirre, *et al*, s/f).

De acuerdo a la SEMARNAT (2001), los residuos deben recibir un tratamiento, el cual es un “proceso de transformación física, química o biológica de los residuos que procura obtener beneficios sanitarios o económicos, reduciendo o eliminando sus efectos nocivos al hombre y al medio ambiente...básicamente existen tres tipos de tratamiento: mecánico, biológico y térmico”.

Respecto al tratamiento biológico, este se enfoca principalmente a los residuos orgánicos, que son los desechos biodegradables derivados de la preparación y consumo de alimentos y del mantenimiento de jardines, áreas verdes, corrales y huertas. Este tratamiento de residuos sólidos orgánicos, merece ser considerado como una alternativa viable, algunos ejemplos de este tratamiento son las técnicas de compostaje y vermicompostaje; dadas las bondades que ofrecen estas técnicas para aprovechar los residuos orgánicos ambas son consideradas como una alternativa viable para minimizar el impacto ambiental y son consideradas como componentes en la gestión y manejo de los residuos orgánicos.



## 1.4 COMPOSTAJE, LOMBRIZ DE TIERRA Y VERMICOMPOSTAJE

Anteriormente se expusieron algunos trabajos que demuestran la importancia del vermicompostaje, lo que permitió tener un contexto más cercano sobre el tema. Por lo que, antes de adentrarnos en la técnica empleada en este trabajo es importante comenzar a hablar sobre el compostaje, sus características y sus beneficios y de esta manera poder entender la técnica del vermicompostaje.

Así mismo, antes de adentrarnos al apartado de la técnica del vermicompostaje se presentan las características fisiológicas de las lombrices de tierra, y en particular de la lombriz *eisenia foetida* (roja californiana), la cual se empleó para el desarrollo del vermicompostaje; es de suma importancia conocer el ciclo de vida de este invertebrado, ya que es el actor principal de la degradación de los residuos orgánicos, y de esta forma lograr que la técnica se desarrolle correctamente una vez entendido el proceso de compostaje y el comportamiento de la lombriz *eisenia foetida*. Finalmente se mencionan las propiedades del humus; producto resultante del vermicompostaje.

### 1.4.1 COMPOSTAJE

De acuerdo a Salazar, *et al*,(2003) el proceso de compostaje es una versión acelerada y controlada de la fermentación, ejemplo de esta fermentación es la que de manera natural se produce en la tierra de los bosques (o cualquier otro ecosistema); es decir, el compostaje no más que imitar ese proceso.

El proceso del compostaje implica dos procesos: uno químico y uno biológico. El proceso químico implica a su vez, un conjunto muy complejo de procesos naturales, donde las sustancias y compuestos químicos (proteínas, carbohidratos, grasas, etc.) se fraccionan, convirtiéndose en compuestos más simples (cationes, sales minerales, ácidos húmicos, etc.) en la forma comúnmente denominada humus. El otro proceso, el biológico, involucra las dos fases anteriores, ya que son los microorganismos y su metabolismo, los encargados de comer, triturar, mezclar y transformar la materia orgánica. Dicha transformación es llevada a cabo en diferentes etapas; en cada una de ellas miles de microorganismos colonizan, se desarrollan, multiplican y modifican la materia orgánica, facilitando a su vez la colonización de otros individuos más apropiados a las nuevas condiciones.

El compostaje se divide en aerobio y anaerobio, donde el primero requiere para su ejecución de la presencia de aire en su interior, dando lugar a la liberalización de



bióxido de carbono, vapor de agua y temperatura y el proceso anaerobio implica prácticamente la ausencia de este en su interior.

Como ya se mencionó, el compostaje es un proceso de fermentación en el cual se identifican las siguientes etapas:

**1. Mesófila:** Inicialmente, los residuos se encuentran a temperatura ambiente, en esta etapa los microorganismos buscan adaptarse a su nuevo medio y comienzan a multiplicarse. Esta etapa tiene una duración aproximada de 2 a 4 días y al final de ella la temperatura alcanza más de 50°C.

**2. Termófila:** En esta etapa hay un incremento constante de la temperatura como resultado de la intensa actividad biológica, pudiendo llegar a una temperatura aproximada de 50° C a 70 ° C. Aquí los microorganismos iniciales son sustituidos por otros llamados termófilos, que son aquellos que toleran altas temperaturas. Al alcanzarse este rango de temperatura se eliminan gérmenes patógenos y larvas existentes en la composta y la mayor parte de la celulosa es degradada; por lo que la composta se estabiliza. Dependiendo de los residuos de partida y las condiciones ambientales; esta etapa suele durar entre una semana en los sistemas acelerados y de 1 a 2 meses en los de fermentación lenta.

**3. Maduración:** esta etapa es un período de fermentación lenta; donde los microorganismos termófilos disminuyen su actividad y aparecen otros como hongos, que continúan el proceso de descomposición de la composta. En esta etapa los macronutrientes (N,P,K) se encuentran asimilables para el desarrollo vegetal y la estructura del suelo, es decir; la composta se encuentra lista.

Físicamente, el compostaje provoca cambios drásticos en el tamaño, apariencia, color, consistencia, color y textura, de todo lo que inicialmente son tejidos vivos, hojas, ramas, raíces o restos animales; pasando por una forma intermedia de mezclas semilíquidas o pastosas, pero terminando como una tierra fresca, oscura, porosa, ligera y sin olor.

En SAGARPA (s/f) se menciona que el proceso de compostaje puede durar de 2 a 4 meses dependiendo del tamaño de la composta, el tipo de residuos y la aireación. Una composta se reconoce como madura cuando no se pueden distinguir los materiales originales, es de color oscuro, consistencia suave y olor a tierra mojada.

Existen muchas técnicas para llevar a cabo el procedimiento del compostaje, que van desde las manuales hasta los altamente mecanizados sin embargo, el composteo es un



proceso dinámico el cual ocurrirá rápidamente o lentamente dependiendo de la técnica empleada y la habilidad con la cual sea ejecutado.

### ***Composta***

El producto que se obtiene a partir de esta técnica es el humus; usualmente denominado como composta. De acuerdo a Salazar, *et al*, (2003) la palabra composta proviene del latín *componere* (juntar); por lo que la composta “es el conjunto de restos orgánicos que sufren un proceso de fermentación y da un producto denominado humus”. Es el material reciclado, transformado, estabilizado, humificado y mineralizado, de apariencia y olor a tierra fresca, resultado de la transformación de la materia orgánica al descomponerse; que es indispensable para la conservación de la fertilidad de los suelos y beneficioso para la nutrición y desarrollo de las plantas.

#### **1.4.1.1 FACTORES QUE DEBEN CONSIDERARSE EN EL PROCESO DEL COMPOSTAJE**

La descomposición del sustrato (material orgánico) dependerá de factores como; la cantidad de sustrato, el tipo de sustrato; es decir, si es estiércol, residuos de cocina, etc., de la superficie total donde se efectuó el proceso, de la aireación, humedad y temperatura en la cama de composteo, temperatura exterior, de la relación carbono-nitrógeno, entre otras.

De acuerdo al Departamento de fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) se consideran los aspectos siguientes para el compostaje:

#### ***Tamaño del residuo a compostear***

Este factor influye en el proceso de compostaje, de tal manera que si el tamaño del residuo es pequeño, la superficie de ataque es mayor por lo que habrá una mayor área de contacto entre las partículas y los microorganismos ocasionando que la fermentación sea más rápida y homogénea. No es necesario fragmentar los residuos, esto sólo se realiza si se quiere acelerar el proceso de descomposición.

Por otra parte, si el tamaño del residuo es demasiado pequeño como el estiércol de ovino que se pulveriza demasiado, dificulta la distribución de la humedad, ya que solo se llega a humedecer la superficie, afectando con ello la descomposición, además, reduce el tamaño de los poros dificultando la aireación; esto suele ser negativo para la composta debido a que pueden ocasionarse problemas de compactación excesiva impidiendo con ello la aireación necesaria.



### **Temperatura**

La acción conjunta de todos los factores en el proceso se ven reflejada en este parámetro, ya que el composteo se inicia con una temperatura de 20-30 °C (etapa mesófila) y en la etapa termófila la temperatura se eleva hasta los 75°C.

Sin embargo, Salazar, *et al*, (2003) menciona que temperaturas tan elevadas podrían ser contraproducentes porque a temperaturas mayores de 65°C y sobre todo prolongadas puede presentarse una muerte total bacteriana que frena la fermentación y las pérdidas de nitrógeno.

### **Humedad**

El contenido de humedad es determinante para la degradación del sustrato, ya que si existe un exceso de humedad el proceso se vuelve anaerobio, y en caso contrario, la falta de humedad disminuye la actividad de los microorganismos ocasionando que la temperatura disminuya y el proceso se retrase, por lo que el parámetro óptimo es de 60-70%. Por otro lado Salazar, *et al*, (2003) refiere que la humedad óptima es de 50%, la cual al final del proceso debe descender a 30-40%.

### **pH**

La composta al inicio generalmente es ácida (6), a la mitad del proceso, neutra, y posteriormente alcalina (7-8) al final del proceso.

### **Aireación**

El proceso más eficiente es el aeróbico, pero la aireación deficiente puede retrasar la fermentación, originando procesos de fermentación anaeróbica, con sensibles pérdidas de nitrógeno y carbono. La aireación en primera instancia estará en función del tamaño de las partículas del material y después de la frecuencia del volteo.

### **Relación Carbono – Nitrógeno (C/N)**

El carbono y el nitrógeno son elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo, y se ha de encontrar en proporciones adecuadas para la buena fermentación; los organismos de la composta utilizan el carbono para energía y el nitrógeno para la síntesis de proteína, por lo que la mayoría de los microorganismos utilizan 30 partes en peso de carbón por una de nitrógeno para esta síntesis, que proporciona una rápida y eficiente descomposición de los residuos, por lo tanto, la relación ideal es 30/1, y al finalizar el proceso la relación debe ser 12/1, lo cual nos indica que la fermentación y la mineralización han finalizado y la composta se considera madura y se encuentra en un punto estable.

A diferencia Salazar, *et al*, (2003) determinan que una buena relación debe comprenderse entre 25 y 35. Y durante el proceso de fermentación se producen pérdidas de carbono en forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por lo que la relación C/N ira disminuyendo hasta alcanzar un valor entre 12 y 18.





Este autor considera que si el sustrato es muy rico en carbono y pobre en nitrógeno, la relación será alta y el proceso de fermentación será lento, es decir; el residuo tardará mucho tiempo en descomponerse, las temperaturas no se incrementarán y se perderá el exceso de carbono. Pero si por el contrario, el material es rico en nitrógeno se producirán pérdidas de este elemento en forma de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ).

Para determinar la madurez de la composta no existe un parámetro determinado, pero se considera que una composta es madura cuando la fermentación prácticamente se encuentra paralizada.

#### **1.4.1.2 Beneficios del compostaje**

El compostaje no es más que la descomposición de la materia orgánica; proceso que es repetido universal y continuamente en cualquier parte donde las plantas y los animales crecen, y forma parte del ciclo natural que sostiene y soporta la vida en el planeta.

De acuerdo a la Asociación española “Amigos de la tierra” al desarrollar el compostaje a partir de residuos orgánicos se presentan numerosas ventajas como a continuación se describen:

##### **Efectos sobre el medio ambiente.**

- El compostaje es la forma más rápida y ecológica de reciclar los residuos orgánicos, (que generalmente son considerados como basura) pudiendo obtener micro y macronutrientes necesarios para las plantas.

##### **Efectos en la estructura del suelo.**

- Mejora la textura y estructura del suelo, le permite retener nutrientes, humedad y aire, dando un soporte adecuado y saludable a las plantas.
- El compost, debido a su estructura aterronada, facilita la formación de conglomerados del suelo permitiendo así mantener una correcta aireación y humedad del mismo.
- Controla la erosión del suelo, ya que de otra forma se lavarían sus capas superficiales hacia los ríos y corrientes de agua.

##### **Efectos sobre la salud del suelo.**

- Se trata de un producto natural, sin compuestos químicos y libre de patógenos. En muchos casos actúa como bactericida y fungicida.
- El producto final que es el humus puede sustituir el uso de fertilizantes químicos.
- Incrementa y mantiene la fertilidad del suelo, ya que regresa los nutrientes que de ahí salieron.



#### **Efectos sobre los nutrientes de las plantas.**

- Al ser un producto rico en nutrientes y macronutrientes, se convierte en un excelente abono para las plantas.

#### **Efectos económicos.**

- El composteo de los residuos orgánicos puede hacernos ahorrar dinero al eliminar la necesidad de manejar y transportarlos hasta los basureros.
- No es necesario adquirir este producto, ya que se obtiene de un proceso muy sencillo que se puede realizar en el hogar.

## **1.4.2 BIOLOGÍA DE LA LOMBRIZ DE TIERRA**

Es importante tener conocimiento acerca del comportamiento de la lombriz más allá de lo general; es decir, conocer desde su estructura y funcionalidad interna, su tipo de vida, su desarrollo y hasta su influencia en el medio ambiente, de esta manera Álvarez, *et al*, (1998) describe la estructura biológica que presenta el cuerpo de la lombriz de la siguiente manera:

### **1.4.2.1 Aspectos Generales**

Las lombrices de tierra se agrupan junto con otros organismos en un conjunto denominado *Fila Annelida*; en éste se encuentran además los gusanos marinos conocidos como poliquetos y las sanguijuelas.

En cuanto al número de especies de lombrices de tierra (*Lombricus terrestris*) Domínguez, J. y Gómez, B. (2010) mencionan que el que se han descrito hasta el momento es de aproximadamente 8302 especies sin embargo, cada año se describen aproximadamente 68 especies nuevas, recalando que de estas son mínimos los conocimientos, ya que sólo se sabe el género y la descripción morfológica, desconociendo por completo sus ciclos de vida y su ecología.

La lombriz se alimenta diariamente lo equivalente a su peso, a partir de sustancias orgánicas en descomposición, las cuales traga (ya que carece de dientes); este proceso lo realiza al irse desplazando, llegando a aprovechar el 40% en la formación de su biomasa, y excretando el 60% restante en forma de humus a través del suelo, donde forma galerías que contribuyen a airearlo.

#### ***Reproducción***

Las lombrices son hermafroditas; poseen el sexo masculino y femenino. Una lombriz madura a los 3 meses después de la eclosión del huevo, apareándose cada 8 o 10 días,

generando un huevo que eclosiona aproximadamente de 21 a 23 días, de donde pueden emerger desde 2 hasta 20 nuevos miembros, teniendo un promedio de vida de 16 años.

### **Ciclo de vida**

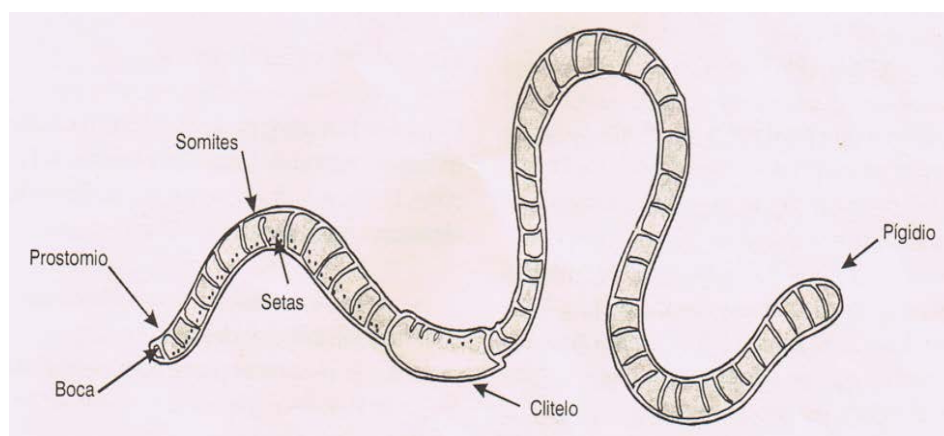
En el ciclo de vida de las lombrices de tierra existen periodos transitorios entre un estado y otro y es difícil diferenciarlos. Se determinan las siguientes etapas y fases:

- Etapa embrionaria
- Etapa posembrionaria:
  - fase posnatal
  - fase juvenil
  - fase clitelada
    - ✓ en crecimiento
    - ✓ en decrecimiento
  - fase senescente

## **1.4.2.2 ESTRUCTURA DEL CUERPO DE LAS LOMBRICES DE TIERRA**

### **1.4.2.2.1 ESTRUCTURA EXTERNA**

Seguendo a Álvarez, *et al*, (1998), las lombrices son invertebrados vermiformes, o sea que el cuerpo tiene forma de gusano: alargado, cilíndrico, más o menos aplanado dorso-ventralmente.



**Figura No.1** Caracteres externos de una lombriz de tierra.



### ***Organización metamérica***

El prostomio es el primer lóbulo del cuerpo donde la boca abre ventralmente y el pigidio el último, donde abre el ano (Figura No. 1). El metastomio lo constituye el resto del cuerpo, formando por una serie de metámeros.

Así mismo, Ruiz, L. y Oca, C. (2008) mencionan que el cuerpo de la lombriz está compuesto generalmente de 143 anillos o segmentos, el primero segmento lo compone la cabeza (la cual carece de ojos), los labios bucales y el prostomio, y a su vez cada segmento contiene ocho cerdas insertadas directamente en la piel, la cual esta revestida de un cutícula gelatinosa.

Otras estructuras

- **Setas:** son proyecciones quitinosas a manera de pelos muy pequeños (Figura No.1).
- **Clitelo:** zona glandular a manera de cinturón que abarca un número variable de segmentos. Aparece solo cuando el animal está sexualmente maduro (Figura No.1).
- **Poros genitales:** se presentan generalmente en par en el sistema reproductor masculino y un par en el femenino.
- **Poros desales:** presentes en algunos grupos, son pequeños poros localizados en surcos intersegmentarios en la línea mediodorsal.
- **Poros nefridiales:** generalmente hay un par por segmento y pueden ser laterales o ventrolaterales.
- **Poros espermatecales:** son ventrales o ventrolaterales en uno o varios segmentos preclitelares.
- **Marcas genitales:** pueden ser papilas, tumescencias, etc., que aparecen generalmente durante la madurez sexual.
- **Poros prostáticos y surcos seminales:** los poros son pequeños y en ocasiones se relacionan con papilas.
- **Coloración:** algunas tienen pigmento. Las especies pigmentadas son rojas, verdes o azules y viven generalmente en la superficie del suelo. Las especies despigmentadas viven dentro del suelo y adoptan la coloración del tracto digestivo y el circulatorio; son por lo general especies grisáceas, blanquecinas o rosáceas.

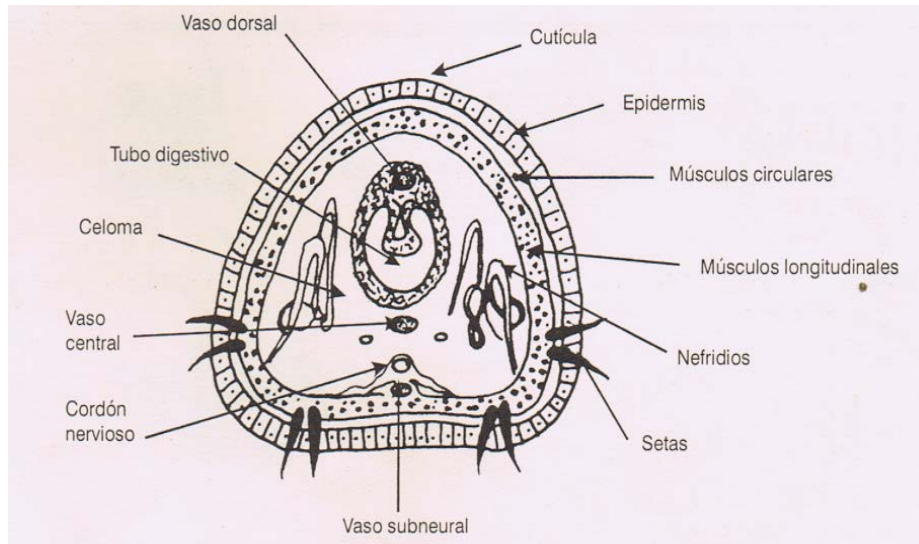
#### **1.4.2.2.2 ESTRUCTURA INTERNA**

##### ***Sistema circulatorio cerrado***

La sangre fluye por un sistema de vasos, a diferencia del sistema lagunar o abierto de otros invertebrados.

### ***Sistema tegumentario y muscular***

Como se observa en la siguiente figura, la pared del cuerpo de las lombrices de tierra está constituida de la siguiente forma: cutícula, epidermis, tejido conectivo, tejido muscular, circular externo y longitudinal interno y peritoneo.



**Figura No.2** Corte transversal de una lombriz de tierra.

La cutícula es fina y flexible, de naturaleza quitinosa, transparente. Reviste y protege externamente el cuerpo.

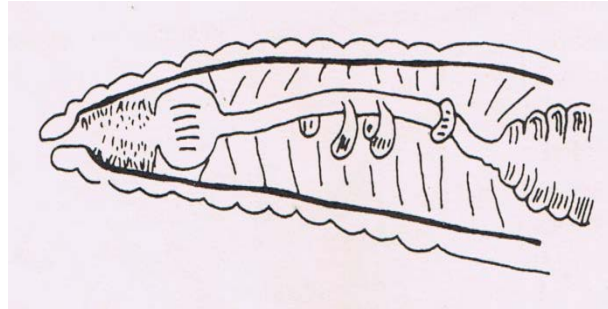
La epidermis está constituida por una capa simple de células, o sea, un epitelio cilíndrico cuyo espesor varía según la región del cuerpo, que son las encargadas de secretar la cutícula. También en la epidermis se encuentran numerosas glándulas unicelulares que secretan el *mucus*, que es expedido al exterior a través de canalículos de la cutícula y que facilitan la respiración o el desplazamiento de las lombrices en el suelo. También existen células sensoriales y fotorreceptores.

La contracción de las capas musculares presiona el fluido celómico y determina el movimiento del animal; así, cuando los músculos circulares se contraen disminuye el ancho del animal y cuando las longitudinales se distienden, el líquido celómico fluye longitudinalmente y el animal se estira. Cuando las fibras longitudinales son las que se contraen, las circulares se distienden y el animal se acorta y se hace más ancho.

Como las lombrices carecen de esqueleto, la forma del cuerpo se mantiene gracias a la elasticidad de la pared y del cuerpo y a la presión del líquido celomático, lo que constituye el llamado esqueleto hidrostático.

### ***Sistema digestivo***

El aparato digestivo de las lombrices está constituido por un tubo recto que corre a lo largo de todo el animal, desde la boca hasta el ano. Está formado por: cavidad bucal, faringe, buche, molleja, esófago y glándulas calcíferas, intestino y tiflosol y ano.



**Figura No.3** Sistema digestivo.

La boca da lugar a una pequeña cavidad que se comunica con la faringe que es muscular, y funciona como una bomba de succión. Aquí, por acción glandular se producen secreciones (“saliva”) con acción proteolítica que humedecen los alimentos. Estos alimentos pasan a una cámara amplia o buche donde se almacenan o pasan al esófago y de ahí al buche, en otras especies de lombrices.

Del buche los alimentos llegan a la molleja, que es una cámara con gruesas paredes musculares, donde se trituran con ayuda e granos de arena que el animal ingiere.

Asociados al esófago están las glándulas llamadas calcíferas o de morren, cuya función está relacionada con el mantenimiento de un grado de acidez óptimo en los líquidos corporales del animal.

Las estructuras hasta aquí citadas ocupan aproximadamente el primer tercio del cuerpo del animal, el resto lo ocupa el intestino.

El intestino está constituido internamente por un tejido epitelial rico en células glandulares y absorbentes. La función absorptiva del intestino es frecuentemente aumentada por la presencia de un pliegue interno llamado tiflosol. Las secreciones del intestino (fundamentalmente la interior) tienen enzimas que desdoblan los carbohidratos, proteínas y grasas.

Al final del intestino los restos orgánicos que no fueron digeridos, así como los no asimilados partículas minerales y una rica carga microbiana, son expelidos en forma de un compuesto orgánico.

### ***Sistema circulatorio e intercambio de gases***

Constituye un sistema cerrado ya que la sangre fluye dentro de vasos sanguíneos. Básicamente está compuesto por: vaso dorsal, vaso ventral, vaso subneural, vasos laterales y red de capilares.



La sangre está constituida por plasma y hemoglobina, al circular por los vasos sanguíneos capilares entre las células epidérmicas superficiales la sangre recibe el oxígeno y elimina el dióxido de carbono por simple difusión. El oxígeno se combina con la hemoglobina y así llega a todos los órganos.

No existen órganos respiratorios especializados; esta función se lleva a cabo en la pared del cuerpo, por difusión de gases, lo que implica que el animal siempre debe tener la epidermis recubierta con una película de agua.

#### 1.4.2.3 CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA DE LA LOMBRIZ

Aunque existen diversas especies de lombrices, no cualquier especie puede ser utilizada para transformar los residuos orgánicos; las lombrices que comúnmente se encuentran en el jardín y macetas pertenecen al grupo de lombrices *endógeas* cuya fisiología, hábitos y distribución, son muy diferentes a las *epigeas*; que son las lombrices composteadoras.

Pueden ser estrategias; es decir, que aseguran su supervivencia mediante la reproducción, manteniendo altas densidades de población que garantizan la supervivencia con una elevada longevidad y consumen grandes cantidades de alimento. De esta forma, desde el punto de vista ecológico de las lombrices, de acuerdo a Domínguez, J. y Gómez, B. (2010), se pueden clasificar en:

- **Epigeas:** viven y se alimentan en la superficie del suelo, son de tamaño pequeño y de color rojo. Se alimentan de materia orgánica en descomposición principalmente, estas comúnmente son especies de tamaño pequeño, uniformemente pigmentadas, y con altas tasas reproductivas y metabólicas lo que les permite adaptarse a las condiciones ambientales tan variables de la superficie del suelo. “Producen deyecciones holorgánicas y presentan una tasa alta de consumo, digestión y asimilación de la materia orgánica, por lo que juegan un papel clave como transformadoras del mantillo”.

A este grupo pertenecen las empleadas en la vermicomposta.

- **Anécicas:** viven dentro del suelo y se alimentan en la superficie, son de tamaño mediano a grande, color café oscuro. Se encuentran de forma más o menos permanente en galerías verticales, las cuales pueden extenderse varios metros hacia el interior del perfil del suelo. “Por las noches emergen a la superficie para alimentarse de hojarasca, heces y materia orgánica en descomposición, que transportan al fondo de sus galerías... depositando sus excrementos en la superficie”. Estas lombrices suelen ser de gran tamaño y de color pardo oscuro en la edad adulta y sus tasas reproductivas son relativamente bajas.





- **Endógeas:** se encuentran a mayor profundidad en el perfil del suelo, alimentándose principalmente de suelo y de materia orgánica asociada. Son pequeñas a medianas, suelen presentar poca pigmentación y “construyen sistemas de galerías horizontales muy ramificadas, las cuales llenan con sus propias deyecciones mientras se mueven por el horizonte orgánico-mineral del suelo”. Estas especies presentan tasas de reproducción más bajas (en comparación con las anteriores) y ciclos de vida más largos, teniendo como característica importante la resistencia a períodos de ausencia de alimento.

#### 1.4.2.4 LOMBRIZ EISENIA FOETIDA

Comúnmente la especie de lombriz más empleada en el vermicompostaje es la *epígea*, dada su alta capacidad de colonizar residuos orgánicos de forma natural; su alta tasa de consumo, digestión y asimilación de la misma, su capacidad de tolerancia a los cambios ambientales y su alta tasa reproductiva.

Se tiene conocimiento de que la especie más utilizada para el vermicompostaje es la lombriz comúnmente llamada roja californiana (*eisenia foetida*) la cual pertenece a la siguiente clasificación taxonómica:

<b>Filum</b>	<i>Anélida</i>
<b>Clase</b>	<i>Oligochaeta</i>
<b>Orden</b>	<i>Opisthokonta</i>
<b>Familia</b>	<i>Lumbricidae</i>
<b>Genero</b>	<i>Eisenia</i>
<b>Especie</b>	<i>Foetida</i>

Fuente: Martínez, C. (1995).

Entre las características generales de esta especie, se tiene el siguiente:

<b>Color</b>	rojo-rosa
<b>Tamaño</b>	7-12 cm.
<b>Madurez sexual</b>	10-12 semanas
<b>Adulta</b>	6 meses
<b>Peso</b>	1-2.5 gr.

Fuente: Martínez, C. (1994).





De acuerdo a Salazar, *et al*,(2003) para el caso de la lombriz roja californiana, el ciclo de vida se divide en cuatro etapas:

### ***Apareamiento***

Las lombrices de tierra son hermafroditas, la mayoría de las especies se reproducen por fertilización cruzada. La mayoría de las especies se aparean periódicamente todo el año; las lombrices se acercan hasta tener contacto con la región clitelar durante la copulación, secretan mucosa la cual las mantiene unidas durante el acto, los organismos masculinos eyaculan los espermias, después los animales se separan.

### ***Formación de capullos***

Los capullos son pequeñas bolsas que contienen los huevecillos que dan origen a la lombriz, su formación inicia cuatro días después del apareamiento y puede ser sostenida durante 500 días; en promedio se pueden producir 3.5 capullos/10 días en el caso de la lombriz roja californiana.

### ***Eclosión de los capullos***

Al momento de nacer, las crías rompen el capullo; las lombrices son de color blanco, entre los cinco y seis adquieren un color rosa y a los 15 a 20 días son similares a sus padres.

### ***Madurez sexual***

Las crías a los 40-60 días alcanzan la madurez sexual, es entonces cuando están en condiciones de aparearse; una lombriz adulta se caracteriza por la presencia del clitelo.

### ***Alimentación***

Las lombrices pueden ser alimentadas de:

- Desechos de ganado.** Como la orina, estiércol de bovino, estiércol de caballo, etc.
- Desechos de cosecha.** Semillas de oleaginosas, residuos de leguminosas, alfalfa verde, desechos de caña de azúcar, tallos de maíz, paja de avena, paja de trigo, etc.
- Desechos vegetales.** Follaje de pino, residuos frescos de jardín, algas, residuos frescos del huerto, hojas secas, etc.
- Desechos agroindustriales.** Pulpa de café seca, harina de pescado, harina de hueso, desechos de cervecaría, bagazo de caña, aserrín, etc.
- Desechos urbanos.** Basura urbana, residuos de cocina, papel, etc.

Para alimentar a las lombrices se puede utilizar paja, malezas, restos de cosechas, frutos, pasto, estiércoles, sobras de cocina, etc., y es necesario que estos materiales hayan pasado por un proceso de descomposición; es decir, que hayan sido transformados por la acción de los microorganismos.



### 1.4.3 VERMICOMPOSTAJE

Álvarez, *et al*, (1998) definen el vermicompostaje como “la utilización de las lombrices de tierra como agentes biológicos en el proceso de transformación de los residuos orgánicos biodegradables con fines prácticos y a escala”.

Así mismo, Capistrán, *et al*, (1999) la definen como “la cría masiva, sistemática y controlada de lombrices composteadoras. Es una técnica que involucra varios procesos biológicos, que aceleran la transformación y mineralización de un residuo orgánico en descomposición y lo convierte en abono orgánico para las plantas”.

Esta técnica es conocida también como lombricompostaje, vermicultura y lombricultura; término que proviene del latín *vermes* (gusano) y *cultura* (conocimiento). Al producto final se le conoce como vermicomposta, humus de lombriz, abono de lombriz, casting, excretas de lombriz, etc.

En esta técnica de vermicompostaje se aprovecha de manera conjunta las cualidades biológicas y fisiológicas de las lombrices para potenciar y acelerar la descomposición aeróbica de la materia orgánica, por lo tanto, se puede decir que con esta práctica se puede procesar prácticamente cualquier residuo orgánico ya sea urbano, agrícola, agroindustrial o pecuario.

Siguiendo a Capistrán, *et al*, (1999) las lombrices en su acción de transformación física y química movilizan, trituran, mezclan y airean los residuos orgánicos y contribuyen a la propagación de otros microorganismos, quienes se encargan de metabolizar y transformar muchas sustancias que la lombriz no podría digerir por si misma; de tal forma que se da una asociación lombrices-microorganismos, donde ambas partes se benefician y en conjunto dan lugar a un proceso de alta eficiencia y rapidez.

En este proceso, de acuerdo a Gómez, *et al*,(2010) los sustratos orgánicos se transforman a través de dos fases; la primera denominada fase activa, donde las lombrices fragmentan y acondicionan el sustrato aumentando el área expuesta a la actividad microbiana y alterando su actividad biológica de forma importante, por lo que las lombrices son los agentes cruciales del proceso ya que actúan “como facilitadores clave de las transformaciones de la materia orgánica con efectos directos sobre la tasa de descomposición y la calidad de los productos finales”. La fase segunda es la etapa de maduración; fase donde las lombrices se desplazan hacia capas nuevas con residuo fresco y por la acción de poblaciones microbianas más especializadas, responsables de la degradación de polímeros complejos como la lignina.

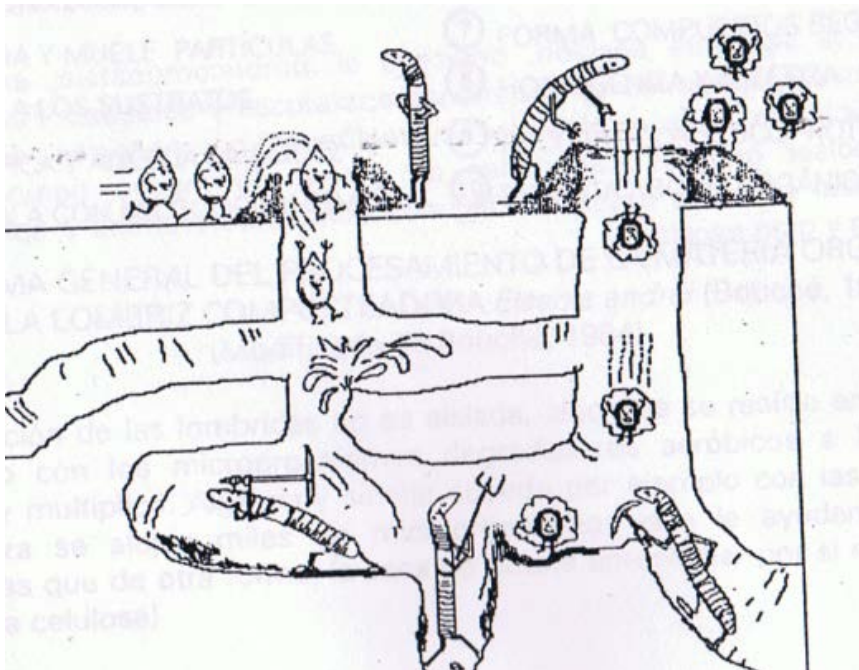


El producto resultante de este proceso es el conjunto de las excretas, turrículos o heces fecales de las lombrices (abono). Este producto cuenta con un balance completo de macronutrientes, como lo son el nitrógeno, fósforo y potasio, micronutrientes, como el calcio, magnesio, sodio, entre otros, ácidos húmicos, fúlvicos, huminas, hormonas, vitaminas, enzimas, y antibióticos, etc. Siendo estas, solo algunas de las características que determinan la gran importancia del uso de estos productos como abonos. Enfatizando que la calidad de este abono va a estar en función de los nutrimentos que contiene el sustrato a emplearse, al igual que en el caso del compostaje.

Las lombrices efectúan dos procesos, uno interno y otro externo; el primero corresponde a la actividad metabólica anteriormente descrita y cómo es que procesa la materia orgánica dentro de su cuerpo, y a continuación se presenta el proceso externo descrito por Capistrán, *et al*, (1999) que hace referencia al trabajo que llevan a cabo las lombrices cuando se encuentra en el suelo:

1. Las lombrices fabrican galerías en la materia orgánica, con ello se favorece la aireación y ventilación, facilitando la entrada de oxígeno y la salida de bióxido de carbono, impidiendo con ello la generación de malos olores.
2. En este recorrido, las lombrices se trasladan dentro de los residuos, recubren las paredes de las galerías con un moco gelatinoso, que favorece el desarrollo de otros microorganismos, los cuales inician en este lugar la degradación de la materia orgánica.
3. Mediante su aparato digestivo las lombrices trituran y muelen la materia orgánica.
4. Reducen o llegan a eliminar también, microorganismos patógenos derivados de las plantas o animales.
5. El abono resultante sale del intestino de la lombriz con una carga bacteriana mayor que la que ellas mismas ingirieron.
6. En el proceso de digestión, mezclan los diferentes componentes de la materia orgánica, y con ello permiten una uniforme composición y homogenización de los nutrimentos que contiene el sustrato.
7. Cada excreta o turrículo es cubierta por una membrana gelatinosa y nutritiva a la que se le denomina “membrana peritrófica”, encargada de proporcionar cohesión y soporte a la materia orgánica, además de ser el medio de crecimiento al desarrollo favorable de otros microorganismos.
8. Durante este proceso se generan compuestos bioactivos importantes para los procesos bioquímicos y reguladores de los suelos (enzimas, antibióticos, vitaminas, hormonas, etc.) de gran valor para la nutrición vegetal.

9. Las excretas conservan su estructura y porosidad, asegurando con ello una liberación lenta y regulada de los nutrimentos.



**Figura No.4** Actividades en galerías.

La duración del proceso de vermicompostaje depende de la complejidad y cantidad del material de partida (sustrato), la actividad realizada por los microorganismos y las lombrices de manera conjunta, así como el número de lombrices empleadas en el proceso y finalmente de la eficacia con la que se haya desarrollado esta técnica.

#### **1.4.3.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS LOMBRICES**

Álvarez, *et al*, (1998) menciona que todas las actividades de las lombrices guardan una relación estrecha con la combinación de factores ambientales como el clima y el ambiente edáfico, que muchas veces actúan sinérgicamente. Aunque se plantea que la temperatura y la humedad son los factores más importantes en la distribución de las lombrices, existen otros de gran peso y que pueden ser limitantes para su desarrollo, tal es el caso de la alimentación, aireación y pH o grado de acidez, mismos que a continuación se describen:

##### ***Temperatura***

La temperatura afecta de una u otra manera a todos los organismos vivos, y al aumentar, en general incrementa la velocidad del desarrollo producto de la



intensificación del metabolismo. Cuando se encuentra por encima o por debajo del rango óptimo para una especie altera alguno (s) de sus procesos vitales.

Aunque las lombrices viven dentro de un sustrato, generalmente de carácter conservativo, se debe considerar que éste puede sufrir variaciones que pueden afectarlas.

La temperatura de la cama, así como el alimento que se le va a dar a las lombrices debe estar a 25°C o menos y se debe medir en cada ocasión que se alimente a las crías. Es un rango que debe tomarse en cuenta; pues un alimento con una temperatura superior indica que no ha terminado de fermentar y aún no es apto para ser empleado. Una disminución de la temperatura trae consigo una reducción de la velocidad del desarrollo y un crecimiento retardado. A temperaturas más altas el crecimiento es más rápido (25°C).

Por otro lado, Capistrán, *et al*, (1999) refieren que la temperatura más propicia para el desarrollo óptimo de las lombrices se encuentra alrededor de los 20 °C. En el exterior las lombrices no pueden sobrevivir en temperaturas inferiores a 10°C, mientras que en el otro extremo, temperaturas mayores a 30 °C pueden ser mortales para ellas provocando la salida de las lombrices a la superficie del sustrato.

### **Humedad**

La humedad es un factor de gran importancia en el desarrollo de las lombrices y el mantenimiento de las crías. Como se recordará, las lombrices carecen de órganos respiratorios; esta función la realizan a través de la epidermis, por lo cual debe estar muy húmedo pues requieren una fina película acuosa para que ocurra el intercambio de gases. Las lombrices requieren que el sustrato tenga una humedad entre el 70-80 %, según la especie.

Las condiciones secas obligan a las lombrices a esconderse en el fondo en busca de humedad; en este sentido para Capistrán, *et al*, (1999) la humedad promedio más favorable para las lombrices es de 85%.

### **pH**

Las lombrices necesitan un medio aproximadamente neutro para vivir; es decir, 7 es el óptimo para el desarrollo de las lombrices. Capistrán, *et al*, (1999) mencionan que las lombrices pueden tener un buen desarrollo cuando el grado de acidez esta entre 5 (ligeramente ácido) y 8 (ligeramente alcalino); es decir, un rango cercano al 7 que representa al neutro. De hecho, durante la descomposición de los residuos los cambios químicos que se presentan modifican en pH fuertemente, pasando desde valores ácidos hasta alcalinos y terminando en valores cercanos al neutro.



### **Aireación**

Siguiendo a Capistrán, *et al*, (1999) las lombrices al igual que los organismos aeróbicos, respiran como nosotros, tomando el oxígeno del aire y eliminado el bióxido de carbono, por lo cual el sustrato debe permitir la suficiente ventilación interna para que éste proceso se lleva a cabo sin entorpecimientos. Normalmente la movilización y formación de galerías por las lombrices resulta suficiente para proporcionar la aireación adecuada dentro de la vermicomposta.

### **Alimentación**

Estos mismos autores mencionan que las lombrices no pueden procesar un material entero o que se encuentre sobresaliendo de la superficie del depósito, pues además de que ellas no poseen dientes implica para ellas tener que salir de la superficie y quedar expuestas a desecación. Y Martínez (1996) argumenta que las lombrices se alimentan de desechos en descomposición, asimilan una parte para cubrir sus necesidades fisiológicas y otra parte la excretan.

## **1.4.3.2 PRODUCTO FINAL: HUMUS DE LOMBRIZ O VERMICOMPOSTA**

Como anteriormente se señaló, al producto obtenido mediante la técnica de vermicompostaje se le conoce de distintas maneras, algunos lo refieren como: humus de lombriz, lombricomposta, vermicomposta, excretas de lombriz, casting o abono de lombriz. La *NMX-FF-109-SCFI-2007 Humus de Lombriz*, denomina al humus como la “sustancia de composición química compleja, órgano-mineral, de alto peso molecular, muy estables, de color negro a café oscuro, con propiedades coloidales e hidrofílicas, que se forman durante el proceso de transformación de la materia orgánica”.

Capistrán, *et al*, (1999) definen al humus de lombriz como “el conjunto de las excretas, turrículos o heces fecales de las lombrices: tiene la misma apariencia y olor de la tierra negra y fresca, es un sustrato estabilizado de gran uniformidad, contenido nutrimental y con una excelente estructura física, porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de humedad”.

Ruiz y Montes de Oca (2008) mencionan que la estructura del producto es esponjosa; retiene hasta 15 veces su peso de agua, beneficio para la nutrición vegetal. A su vez, proporciona cohesión a las tierras arenosas y aumenta el espacio poroso de los suelos compactos y mantiene la circulación del aire en el suelo que al ser respirado por las raíces, activa la absorción de los principios nutritivos del terreno.



Martínez, C. (1996) en su obra “Potencial de la Lombricultura” menciona las características químicas, físicas y microbiológicas del producto obtenido en el vermicompostaje, mismas que a continuación se presentan:

#### **1.4.3.2.1 Características del humus de lombriz**

##### **Químicamente.**

- La composición y calidad de la vermicomposta está en función del valor nutritivo de los desechos que consume la lombriz. Un manejo adecuado de los desechos, una mezcla bien balanceada, permite obtener un material de excelente calidad. La cantidad de macronutrientes (N,P,K) contenidos en la vermicomposta es muy variable.
- El grado de acidez del producto prácticamente es neutro, con valores que oscilan entre 6.8 y 7.2, característica que le permite ser aplicada aun en contacto directo con la semilla, sin causarle daño, sino al contrario creando un medio desfavorable para ciertos microorganismos patógenos y favorable para el desarrollo de las plantas.

##### **Físicamente**

- El color de la vermicomposta varía entre el negro, café oscuro y gris, dependiendo del desecho reciclado; no tiene olor y es granulado.

##### **Microbiológicamente**

- La característica más importante del humus de lombriz es su alta carga microbiana, la cual le hace ubicarse como un excelente regenerador de suelos. Lo cual ha sido demostrado con aplicaciones a suelos erosionados y con bajos contenidos de materia orgánica, consecuencia de la aplicación de agroquímicos, observándose en ellos una extraordinaria proliferación de la flora bacteriana.
- En cuanto a las sustancias húmicas menciona que estas equivalen al producto final del proceso de descomposición que sufren los desechos orgánicos con o sin lombrices, razón por la cual es alto el contenido de estas sustancias en el producto final, lo que le facilita a la planta una mejor absorción de nutrimentos asimilables. También se asocia la presencia de estas sustancias húmicas con actividad enzimática, además de que aportan una amplia gama de sustancias fitorreguladoras del crecimiento.

A su vez, hace referencia a la calidad de la vermicomposta, donde destaca los siguientes aspectos:





#### 1.4.3.2.2 Calidad de la vermicomposta

##### ***Granulometría***

Es importante tomar en cuenta el tamaño del grano del producto, ya que este está en función de la capacidad de las plantas para asimilar el producto.

**Grano fino:** es de rápida absorción, se emplea principalmente en plantas con necesidades urgentes de nutrimentos.

**Grano medio:** se utiliza en floricultura y horticultura, básicamente se aplica en mezcla con otros sustratos, como tezontle, arcilla, arena, entre otros.

**Grano grueso:** la aplicación de este se hace en campo, principalmente en cultivos arbóreos (frutales y forestales) los cuales absorben nutrimentos en forma más lenta.

##### ***Contenido de nutrimentos***

La relación C/N del producto juega un papel importante, recomendándose una relación de 15 a 20, por ello es necesario realizar el análisis fisicoquímico de la vermicomposta obtenida.

##### ***Contenido de microorganismos***

La cantidad de microorganismos está en función del manejo dado al alimento y particularmente de la humedad que se mantenga en el producto, que se recomienda sea de entre 25 y 30%. Por ello es importante que el producto final se almacene en lugares frescos y húmedos para mantener la flora microbiana viva.

##### ***Contenido de materia orgánica***

Si se trata de un material mejorador del suelo requiere contenidos altos de materia orgánica.

##### ***Semillas de malezas***

Para garantizar un material libre de semillas de malezas, se debe mantener el criadero libre de éstas. En el momento que se permite el establecimiento de malezas sobre las camas de producción, se corre el riesgo de diseminar malezas de un lugar a otro.

##### ***Tiempo de cosecha***

El producto se debe cosechar cada dos meses, máximo cada año, ya que tiempos mayores reducen la calidad del material.

##### ***Periodo de almacenaje***

Un envasado y un almacenaje adecuados, garantizan la calidad del producto por periodos de 6 a 12 meses.





### 1.4.3.3 Beneficios del vermicompostaje

El vermicompostaje es una técnica de procesamiento de la materia orgánica, Aguirre, *et al*, (s/f) consideran que esto es más efectivo que el compostaje para el procesamiento de los residuos, pues el producto obtenido (vermicomposta) mejora las características fisiológicas de las plantas por la aportación de fitohormonas, mejora la retención y penetración del agua en el suelo y ayuda a aumentar el perfil del suelo al influir en el proceso de mineralización.

Al igual que con el compostaje, en el vermicompostaje pueden tenerse varios beneficios; Álvarez, *et al*, (1998) menciona los siguientes:

#### **Efectos sobre el medio ambiente.**

- Al hacer uso de los residuos orgánicos en forma ordenada, el mecanismo de transformación de la materia orgánica por medio de la técnica de vermicompostaje inhibe la liberación de productos contaminantes de suelo, agua y aire, que son generados por la descomposición de dicha materia.
- Favorece la ecología al reducir problemas de contaminación generados por desechos orgánicos sólidos ya que transforma los desechos orgánicos en productos de gran beneficio para el hombre.
- El vermicompostaje doméstico permite aprovechar los residuos orgánicos transformándolos en abono para las plantas del hogar.
- La materia prima empleada en esta técnica puede ser cualquier tipo de residuo o desecho orgánico, también se utiliza la parte orgánica de la basura.
- El producto que se obtiene mediante esta técnica es un producto 100% natural, tiene un color oscuro a negro, se encuentra en forma de gránulos y con olor a tierra húmeda, es suave al tacto y su gran contenido de microorganismos evita su fermentación o putrefacción.

#### **Efectos en el suelo.**

- La vermicomposta resulta muy útil como fertilizante orgánico, biorregulador y corrector de las características fisicoquímicas del suelo. Las tierras ricas en humus son más esponjosas, más aireadas y menos sensibles a las sequías, por lo que se favorece la circulación del aire, el agua y las raíces.

#### **Efectos sobre los nutrientes de las plantas.**

- Es uno de los mejores abonos orgánicos porque posee un alto contenido en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, elementos esenciales para el desarrollo de las plantas. Ofrece a las plantas una alimentación equilibrada con los elementos básicos utilizables y asimilables por sus raíces.
- La vermicomposta permite que los nutrientes puedan ser inmediatamente asimilables por las plantas, influye en forma efectiva en la germinación de las



semillas y previene enfermedades ocasionadas por trasplante y cambios bruscos de temperatura y humedad.

#### **Efectos Económicos.**

Con el vermicompostaje además de la obtención de humus de lombriz se pueden numerar otros productos que se derivan de esta técnica como los siguientes:

- **Pie de cría.** Producción de lombrices para el establecimiento de nuevos cultivos de vermicompostaje.
- **Alimentación.** Las lombrices pueden ser empleadas en la alimentación de aves debido a su alto valor proteico (60-70%), se emplean como alimento para peces de ornato y como alimento para la explotación de la rana toro.

La producción de harina de lombriz se ha incluido en la dieta humana principalmente en Estado Unidos.

- **Biopreparados y usos en la medicina.** Las sustancias encontradas en las lombrices con efectos medicinales comprobados son la tirosina y la lumbrifebrina, esta última reconocida internacionalmente como anticolesterol que actúa como agente antihipertensivo. Por otra parte, es posible elaborar comprimidos de aminoácidos así como la producción de biopreparados o sustancias biológicamente activas.
- **Pesca deportiva.** Es uno de los usos más frecuentes y difundidos de la lombriz; la dureza relativa de la carne de la lombriz, así como su constante movimiento atraen a los peces y les confiere una especial importancia entre los pescadores aficionados.



## Capítulo II

# Marco Jurídico-Normativo.

---

La alteración al medio ambiente por parte de los seres humanos ha llevado en los últimos años a la creación de diversos instrumentos legales que permitan disminuir los impactos negativos que sus actividades provocan. El marco normativo asociado a la protección al ambiente en México, desarrollado durante los últimos 20 años, ha ido modificándose desde la Carta Magna hasta la creación de reglamentos y normas específicas.

La importancia de aplicar los lineamientos, normas y leyes oficiales deben por un lado, garantizar las condiciones a todos los seres humanos para llevar a cabo una vida digna que asegure su bienestar y, por otro, replantear la relación entre el ser humano y la naturaleza que faciliten un desarrollo viable que avale la vida y la reproducción social de las generaciones presentes y futuras.

En las últimas décadas, el concepto y la práctica de los derechos humanos se ha ido transformando para ampliar su espectro e incluir la importancia de la protección del medio ambiente en la garantía de ciertos derechos fundamentales. Resulta esencial valorar la interdependencia entre el ser humano y la naturaleza, particularmente porque el modelo actual de desarrollo ejerce una creciente presión en la capacidad del entorno natural de amortiguar impactos negativos, lo que repercute directamente en el bienestar de las personas, de las especies animales y vegetales, y de los ecosistemas.



Para la realización del presente trabajo se abordaron las siguientes bases jurídicas y normativas:

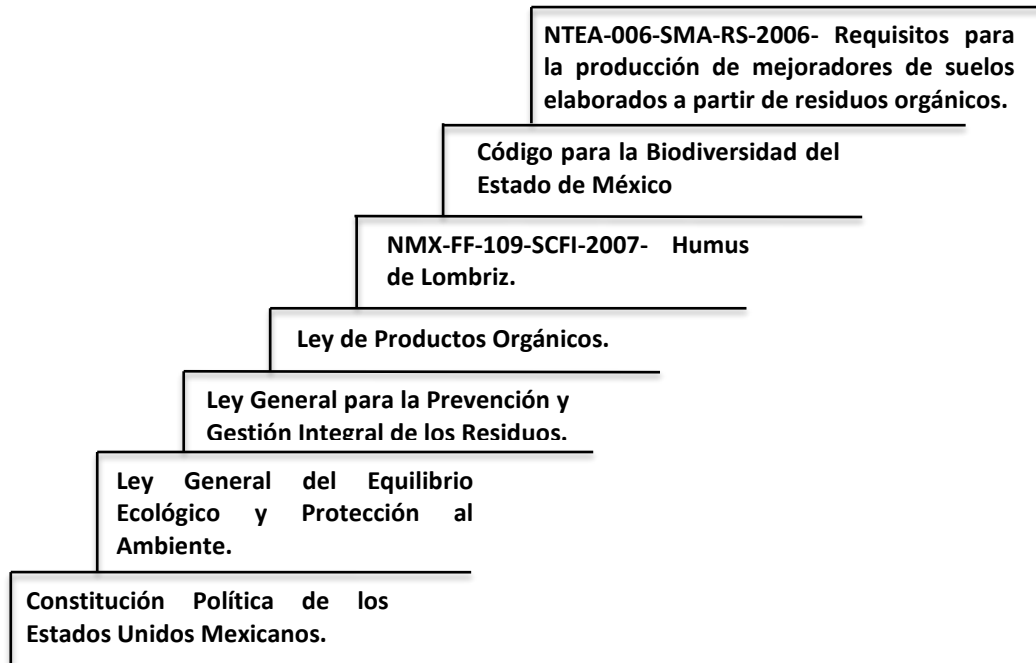


Figura No.5 Jerarquía jurídica y normativa.

## 2.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la ley suprema de la nación, donde se estipulan todos los derechos y obligaciones que como ciudadanos tenemos. Es el Marco Jurídico Constitucional respaldado por una serie de artículos que contemplan la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos, regulan la actividad de las empresas, de los sectores social y privado, así como establecen la distribución de competencias para legislar sobre desarrollo, preservación del medio ambiente y protección ecológica.

De esta manera el artículo 4º es de competencia en la realización del presente trabajo, ya que en él se manifiestan los derechos humanos y sus garantías. De la misma manera que el artículo 115 donde estipulan las obligaciones de los municipios en materia de residuos sólidos. Estos artículos se presentan en el siguiente cuadro:



**Cuadro No.2**  
**Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.**

<b>Título II Biodiversidad</b>	
Capítulo I Áreas Naturales Protegidas	<b>Art. 45.</b> El establecimiento de áreas naturales protegidas, tiene por objeto: Generar, rescatar y divulgar conocimientos, prácticas y tecnologías, tradicionales o nuevas que permitan la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional.
Sección I	

## 2.2 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE.

La LGEEPA es ley reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable, una de las bases que establece es garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

A continuación se describe en artículo 45 en el cual se destaca el objeto del establecimiento de las ANP's.

**Cuadro No. 3**  
**Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.**

<b>Capítulo I</b>	
<b>Título Primero</b>	<b>De los Derechos Humanos y sus Garantías</b>
<b>Artículo 4o.</b>	
Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.	
<b>Título Quinto</b>	<b>De los Estados de la Federación y del Distrito Federal</b>
<b>Artículo 115.</b>	
III. Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes como: c) Limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos.	

Esta Ley se retomó para tener en cuenta que los residuos generados son responsabilidad de quien los genera ya que estos provocan el deterioro ambiental, así como para conocer las funciones que tiene el Municipio sobre los manejos y gestión de los residuos.



## 2.3 LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS.

Dentro de esta Ley se hace referencia a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos en el territorio nacional y siendo los residuos el objeto de estudio del presente trabajo fue importante conocer lo que en ella se establece. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial así como prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

En el cuadro siguiente se presentan las disposiciones generales y las atribuciones de los tres órdenes de gobierno.

**Cuadro No.4**  
**Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.**

<b>Título Primero</b>	<b>Disposiciones Generales</b>
	<p><b>Artículo 2.</b></p> <p>En la formulación y conducción de la política en materia de prevención, valorización y gestión integral de los residuos, la expedición de disposiciones jurídicas y la emisión de actos que de ella deriven, así como en la generación y manejo integral de residuos, se observarán los siguientes principios:</p> <p>I. El derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar;</p> <p>III. La prevención y minimización de la generación de los residuos, de su liberación al ambiente, y su transferencia de un medio a otro, así como su manejo integral para evitar riesgos a la salud y daños a los ecosistemas;</p> <p>IV. Corresponde a quien genere residuos, la asunción de los costos derivados del manejo integral de los mismos y, en su caso, de la reparación de los daños;</p> <p>VI. La valorización de los residuos para su aprovechamiento como insumos en las actividades productivas.</p>
	<p><b>Artículo 3.</b></p> <p>Se consideran de utilidad pública:</p> <p>I. Las medidas necesarias para evitar el deterioro o la destrucción que los elementos naturales puedan sufrir, en perjuicio de la colectividad, por la liberación al ambiente de residuos.</p>
<p><b>Título Segundo</b> <b>DISTRIBUCIÓN DE COMPETENCIAS Y COORDINACIÓN</b></p>	<p><b>Atribuciones de los Tres Órdenes de Gobierno y Coordinación entre Dependencias</b></p>
	<p><b>Artículo 7.</b></p> <p>Son facultades de la Federación:</p> <p>XV. Promover la participación de organizaciones públicas, académicas, de investigación, privadas y sociales, en el diseño e instrumentación de acciones para prevenir la generación de residuos, y llevar a cabo su gestión integral adecuada.</p>



<b>Artículo 10.</b>	
Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final.	
<b>Título Tercero</b>	<b>Fines, Criterios y Bases Generales</b>
<b>CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS</b>	
<b>Artículo 18.</b>	
Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.	

## 2.4 LEY DE PRODUCTOS ORGÁNICOS.

En esta Ley se establecen las especificaciones y características que deben cumplir los productos orgánicos, las cuales van desde la producción, el procesamiento, almacenamiento, empaque, comercialización y demás características del producto, como se describe en el cuadro siguiente:

**Cuadro No.5**  
**Ley de Productos Orgánicos.**

<b>TÍTULO PRIMERO</b>	<b>Del Objeto y Aplicación De La Ley</b>
<b>Artículo 1.</b>	
<b>Esta Ley es de orden público y de interés social y tiene por objeto:</b>	
I. Promover y regular los criterios y/o requisitos para la conversión, producción, procesamiento, elaboración, preparación, acondicionamiento, almacenamiento, identificación, empaque, etiquetado, distribución, transporte, comercialización, verificación y certificación de productos producidos orgánicamente.	
<b>Artículo 6.</b>	
<b>Corresponderá a la Secretaría:</b>	
Proponer acciones para impulsar el desarrollo de la producción orgánica.	

Esta Ley sirvió para conocer las características que un producto orgánico debe cumplir para poder ser comercializado. Aunque la comercialización del humus de lombriz no es el objetivo del trabajo, es importante considerar lo que se requiere para poder ser distribuido en el mercado.



## 2.5 NMX-FF-109-SCFI-2007- HUMUS DE LOMBRIZ (LOMBRICOMPOSTA) – ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA.

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones de calidad que debe cumplir el humus de lombriz que se produce o se comercializa en territorio nacional, excluyéndose el humus de lombriz en presentación líquida. Tal como se muestra a continuación:

**Cuadro No.6  
NMX-FF-109-SCFI-2007.**

<i>Especificaciones</i>
<b>Especificaciones Físicoquímicas</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Nitrógeno total De 1 a 4% (base seca)</li><li>• Materia orgánica De 20% a 50%(base seca)</li><li>• Relación C/N <math>\leq 20</math></li><li>• Humedad De 20 a 40% (sobre materia húmeda)</li><li>• pH de 5,5 a 8,53</li><li>• Conductividad eléctrica <math>4 \leq 4 \text{ dS m}^{-1}</math></li><li>• Capacidad de intercambio catiónico <math>&gt; 40 \text{ cmol kg}^{-1}</math></li><li>• Densidad aparente sobre materia seca (peso volumétrico) 0,40 a 0,90 g mL<sup>-1</sup></li><li>• Materiales adicionados Ausente</li></ul>

Esta norma fue retomada para conocer los parámetros fisicoquímicos que el humus de lombriz debe cumplir al ser considerado como maduro y estable.

## 2.6 CÓDIGO PARA LA BIODIVERSIDAD DEL ESTADO DE MÉXICO.

Tiene como intención primordial agrupar sistemáticamente todas las disposiciones jurídicas en materia ambiental que se encuentran dispersas para dar unidad a los principios, instituciones y órganos en materia ambiental. Este Código pretende reconocer que la biodiversidad es un universo que abarca absolutamente a cada una de las actividades humanas, tanto las sociales, privadas, públicas, biológicas, químicas, físicas, políticas, económicas.

En el siguiente cuadro se describen dos de los libros que hacen referencia a la temática ambiental que este contiene: el Libro segundo del Equilibrio Ecológico, la Protección al Ambiente y el Fomento al Desarrollo Sostenible y el Libro cuarto de la Prevención y Gestión Integral de Residuos dentro del cual se mencionan algunos lineamientos necesarios para la elaboración de composta.





**Cuadro No.7**  
**Código para la Biodiversidad del Estado de México.**

<p><b>LIBRO SEGUNDO DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO, LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE Y EL FOMENTO AL DESARROLLO SOSTENIBLE</b></p>	<p><b>TÍTULO PRIMERO DISPOSICIONES GENERALES</b>  CAPÍTULO I DEL OBJETO</p>	<p><b>Artículo 2.5.</b> Para los efectos de este libro y en el marco de las atribuciones y competencia del Estado se entiende por:</p> <p><b>LIV. Residuos sólidos urbanos o de manejo especial:</b> Son los generados en las casas habitación que resultan de la eliminación de los materiales que se utilizan en actividades domésticas, los productos que se consumen, envases, embalajes y empaques, además los que provienen de cualquiera otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos.</p>
<p><b>LIBRO CUARTO DE LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS</b></p>	<p><b>TÍTULO PRIMERO DISPOSICIONES GENERALES</b>  CAPÍTULO I DEL OBJETO Y DE LAS NORMAS PRELIMINARES</p>	<p><b>Artículo 4.5.</b> Para los efectos de éste libro son aplicables las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, como las siguientes:</p> <p><b>I. Composteo:</b> Tratamiento mediante biodegradación aeróbica o anaeróbica que permite el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos como mejoradores de suelos o fertilizantes.</p> <p><b>VII. Minimización:</b> Conjunto de políticas, programas y medidas adoptadas por las personas físicas o jurídicas colectivas tendientes a evitar la generación de residuos y aprovechar tanto como sea posible, el valor agregado de aquellos.</p> <p><b>X. Reciclado:</b> La transformación de los residuos dentro de un proceso de producción para su fin inicial o para otros fines incluido el compostaje y la biometanización pero no la incineración como recuperación de energía.</p> <p><b>XV. Residuos orgánicos:</b> Todo residuo sólido biodegradable.</p> <p><b>XXI. Tratamiento:</b> El procedimiento mecánico, físico, químico, biológico, térmico o cualquier otro mediante el cual se cambian las características de los residuos sólidos y se reduce su volumen o peligrosidad.</p>
<p><b>SECCIÓN CUARTA</b> <b>DE LA EDUCACIÓN Y PROMOCIÓN DE LA CULTURA DE MANEJO DE RESIDUOS</b></p>		
	<p><b>TÍTULO CUARTO DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS</b>  CAPÍTULO I DE LAS OBLIGACIONES GENERALES</p>	<p><b>Artículo 4.17.</b> Los programas de educación formal e informal que desarrollen o fomenten los centros o instituciones educativas de jurisdicción del Estado deberán incorporar contenidos que permitan el desarrollo de hábitos de consumo que reduzcan la generación de residuos y la adopción de conductas que faciliten la separación de los residuos, así como su reutilización, reciclado y manejo ambientalmente adecuados .</p>
	<p><b>TÍTULO CUARTO DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS</b>  CAPÍTULO I DE LAS OBLIGACIONES GENERALES</p>	<p><b>Artículo 4.43.</b> Las personas físicas o jurídicas colectivas que generen residuos sólidos urbanos y de manejo especial tienen la propiedad y responsabilidad del residuo en todo su ciclo de vida incluso durante su manejo, recolección, acopio, transporte, reciclado, tratamiento o disposición final. Es obligación de todo generador de residuos urbanos separarlos en orgánicos e inorgánicos.</p>



<p><b>LIBRO CUARTO DE LA PREVENCIÓN Y GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS</b></p>	<p><b>Artículo 4.83.</b> El aprovechamiento de los residuos sólidos y de manejo especial comprende los procesos de composta, reutilización, reciclaje, tratamiento térmico con o sin recuperación de energía y otras modalidades que se consideren pertinentes y se regulen mediante disposiciones reglamentarias u otro tipo de ordenamientos o siguiendo lineamientos de buenas prácticas para prevenir riesgos a la salud humana, al ambiente y a la biodiversidad.</p>
	<p><b>SECCION PRIMERA DE LA COMPOSTA</b></p>
<p><b>TÍTULO CUARTO DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS</b></p>	<p><b>Artículo 4.86.</b> La Secretaría, conjuntamente con las autoridades municipales competentes formulará un programa para promover la elaboración y el consumo de composta a partir de los residuos orgánicos recolectados por los servicios de limpia el cual considerará entre otros:</p>
<p><b>CAPÍTULO V DE LA REUTILIZACION Y APROVECHAMIE NTO DE LOS RESIDUOS</b></p>	<p>I. Dimensión de la oferta de materia orgánica de calidad para la elaboración de composta.            II. Dimensión de la demanda potencial de composta para el consumo por organismos públicos y por la iniciativa privada.            III. Desarrollo de guías para la separación, almacenamiento, recolección y transporte de la materia orgánica, así como la elaboración y utilización de la composta.            IV. Criterios de calidad que debe reunir la composta para su empleo como mejorador de suelos o fertilizante.            V. Medidas para prevenir riesgos a la salud, al medio ambiente y a la biodiversidad por el manejo de la composta.            VI. Planeación de las actividades municipales de recolección de residuos orgánicos, elaboración, consumo y venta de composta.            VII. Infraestructura, recursos humanos, materiales y presupuestos para operar las plantas de elaboración y venta de composta.            VIII. Actividades de difusión, educación y capacitación comunitaria para contar con la participación pública informada en la instrumentación del programa de aprovechamiento de los residuos orgánicos como composta.</p>

En este Código se retomó porque resalta la importancia del aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante prácticas que contribuyan a la reducción de riesgos a la biodiversidad; siendo un ejemplo de ello el compostaje.

## **2.7 NTEA-006-SMA-RS-2006- REQUISITOS PARA LA PRODUCCIÓN DE MEJORADORES DE SUELOS ELABORADOS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS.**

Esta Norma Técnica Estatal Ambiental tal como su nombre lo indica tiene como objetivo principal establecer los requisitos necesarios para la producción de mejoradores de suelo que sean elaborados a partir de residuos orgánicos, así como las



técnicas para determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos, y establece los parámetros finales que debe cumplir el producto obtenido.

Esta Norma sirvió como base de este trabajo; dentro de esta se establecen 7 límites principales, 5 de estos que son los que se tomaron en cuenta para la evaluación y análisis de resultados.

**Cuadro No.8**  
**NTEA-006-SMA-RS-2006. Límites permitidos para mejoradores orgánicos.**

Elemento	Parámetro establecido
Materia Orgánica	>15 %
Fósforo	>1000 ppm
Potasio	>2500 ppm
Nitrógeno	Relación C/N menor de 12
pH	6.5 a 8.0

El análisis del marco jurídico-normativo que rige a nuestro país rescata las leyes que abordan las temáticas ambientales sobre todo en cuestiones de prevención y protección sin embargo, en asuntos de residuos sólidos solo se encuentra una ley que de manera general aborda la gestión integral de los mismos. En cuanto al tema del humus de lombriz, la única Ley federal existente sólo presenta las especificaciones y métodos de prueba para la determinación de solo algunos parámetros fisicoquímicos de este producto, y es hasta el nivel estatal donde encontramos la Norma Técnica Ambiental que describe todos los parámetros fisicoquímicos que el humus de lombriz debe contener.

A pesar de la existencia de un cuerpo sustancial de leyes nacionales, regionales e internacionales que abordan las cuestiones medioambientales, se requiere de un avance global sistemático. La degradación ambiental y sus consecuencias pueden comprenderse mejor si se analiza la relación sociedad-naturaleza: la apropiación de elementos del medio natural por el ser humano para su posterior transformación y consumo (satisfacción de necesidades), afecta al medioambiente.



## Capítulo III

# Desarrollo del compostaje y vermicompostaje.

La parte práctica del proyecto de tesis consta de 4 etapas: 1) recolección de residuos orgánicos, 2) composteo, 3) precomposteo y vermicomposteo y 4) análisis de resultados.

### 3.1 MATERIALES EMPLEADOS

Los materiales empleados para el desarrollo de las técnicas de compostaje y vermicompostaje se muestran a continuación:

**Tabla No.1**  
**Material empleado para la recolección de residuos de jardinería.**

	ITEM	CANT.	SI	NO
MATERIAL	Costales	13	✓	
	Palas	2	✓	
	Bascula manual	1	✓	
	Etiquetas blancas	13	✓	

**Tabla No.2**  
**Material empleado para la recolección de residuos de cafetería.**

	ITEM	CANT.	SI	NO
MATERIAL	Báscula manual	1	✓	
	Bote de 100 L.	1	✓	
	Cubeta de plástico	1	✓	



**Tabla No.3**  
**Material necesario para el compostaje y vermicompostaje.**

	ITEM	COMPOSTAJE CANTIDAD	VERMICOMPOSTAJE CANTIDAD
<b>MATERIAL PARA CAMAS</b>	Cajas:0.59cmx0.39cmx0.22cm	21	9
	Bolsas	21	9
	Palas	2	2
	Bascula manual	1	1
	Cuchillos	2	2
	Etiquetas blancas	21	9
	Suelo	73.500 kg	31.500 kg
	Residuos de cafetería	27.000 kg	15.000 kg
	Residuos de jardinería	27.000 kg	12.000 kg
<b>MATERIAL DE LABORATORIO</b>  <b>(para análisis de pH, temperatura y humedad)</b>	Tiras reactivas	21*	9*
	Botes de plástico	21*	9*
	Agua destilada	*	*
	Termómetro	1	1
	Capsulas de porcelana	7*	3*
	Vasos de precipitado	7*	3*
	Espátulas	2	2
	Estufa	1	1
	Bascula digital	1	1
	Desecador	1	1
Pinzas	2	2	

\* Cantidad requerida para cada volteo.

### 3.2 RECOLECCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

En esta etapa se recolectaron los residuos orgánicos generados en la cafetería, así como los residuos de jardinería generados mediante la poda de áreas verdes de la FaPUR.

#### 3.2.1 Residuos de jardinería

La poda de áreas verdes se realizó el 18 de Enero de 2012, estos residuos fueron pesados para conocer la cantidad total de kilogramos que se generan en la FaPUR, la cual cuenta con 19 áreas verdes (jardineras), que al ser medidas dan un total de 1,149.881 m<sup>2</sup>.



Imagen No.3  
Residuos de jardinería.



Imagen No.4  
Peso de los residuos de jardinería.

El total de residuos de jardinería que se generaron en esta fecha fue de 104.300 kg, finalmente los residuos fueron almacenados en costales para facilitar su manejo.



Imagen No.5  
Almacenamiento de residuos de jardinería.



### 3.2.2 Residuos de cafetería

La recolección de estos residuos se inició el 1 de Febrero de 2012; fecha correspondiente al inicio de clases del periodo semestral.

Estos residuos fueron pesados diariamente durante un mes con la finalidad de conocer la cantidad de residuos orgánicos que se generan. Esta etapa de recolección finalizó el día 13 de Marzo de 2012.



Imagen No.6  
Residuos de cafetería.



Imagen No.7  
Peso de los residuos de cafetería.

Con base en los registros realizados, se observó que la cantidad de kilogramos de estos residuos puede variar; el promedio de residuos orgánicos generados a partir de la elaboración de alimentos que se venden en la cafetería es de 5.270 kilogramos por día, pero esta cantidad puede variar de acuerdo a la demanda de consumo. Por lo que, el promedio mensual que se genera es de 158.100 kilogramos de estos residuos. Cabe aclarar que este promedio va a depender de la época del año y de los días hábiles al mes de acuerdo al calendario de la UAEMex.

En la FaPUR también se generan residuos orgánicos en cada salón y en cada cubículo sin embargo, sólo se emplearon como sustratos los residuos de la cafetería, esto debido a la complejidad de trabajar con residuos que no pueden ser controlados totalmente, debido a que corren el riesgo de ser combinados con otro tipo de residuo que pudiese perjudicar la realización del proceso (químicos, grasas, entre otros).

Dentro de los residuos provenientes de la cafetería sólo se recolectaron los que eran de tipo vegetal (residuos de frutas y verduras) y se excluyeron los residuos de carnes y grasas, ya que como lo menciona el CECYTECH (2008) en todo caso debe evitarse o limitarse el uso de ciertos residuos no fácilmente degradables como son grasas, aceites, carnes, que pueden generar olores o atraer animales como ratones, cucarachas, moscas e incluso perros y gatos, la comida cocinada y condimentada puede llegar a generar concentraciones excesivas de sal que terminan por impedir el desarrollo de los microorganismos.



Como ya se mencionó en el Capítulo I, el parámetro de temperatura es uno de los factores más importantes a considerar en el compostaje; ya que durante este proceso se manifiestan 3 etapas: mesófila, termófila y maduración, en las cuales se presenta un incremento y descenso de la temperatura debido a la descomposición de los residuos orgánicos. Para poder identificar estas etapas la temperatura fue monitoreada durante el almacenaje de los residuos de cafetería y fue en este periodo donde se manifestaron las primeras dos etapas.

### 3.3 COMPOSTAJE

Una vez concluida la etapa termófila se dio inicio al composteo el 13 de Marzo de 2012; fecha que corresponde al establecimiento de las camas para el proceso de composteo y durante este proceso se identificó la última etapa del compostaje (maduración).

Las camas se establecieron en relación a 7 ensayos de residuos de cafetería y de jardinería; cada uno de los ensayos contenía cantidades distintas de estos residuos en proporción de kilogramos. En la siguiente tabla se presenta la relación residuos jardinería-residuos cafetería de los 7 ensayos establecidos.

**Tabla No.4**  
**Relación establecida en las camas de composteo.**

No. de ensayo	Residuos de jardinería (kg)	Residuos de cafetería (kg)	Relación	No. de cama	Repetición	Total de residuos por ensayo (kg)
1	1	0	1:0	1	1	3
				2	2	
				3	3	
2	0	1	0:1	4	1	3
				5	2	
				6	3	
3	1	1	1:1	7	1	6
				8	2	
				9	3	
4	2	1	2:1	10	1	9
				11	2	
				12	3	
5	1	2	1:2	13	1	9
				14	2	
				15	3	
6	3	1	3:1	16	1	12
				17	2	
				18	3	
7	1	3	1:3	19	1	12
				20	2	
				21	3	
<b>Total de residuos (kg)</b>	9*	9*				

\*cantidad requerida para cada repetición



Para cada uno de los ensayos base se establecieron 3 repeticiones, teniendo un total de 21 camas de composteo. Para la realización esta etapa, se utilizó un total de 27.000 kg de residuos de cafetería, 27.000kg de residuos de jardinería y 73.500 kg de suelo. Esto se hizo con el objetivo de analizar al final del proceso de compostaje la mejor relación de N, P y K, así como para conocer qué relación no resulta tan favorable. Una vez realizado dicho análisis a los 7 ensayos, se elegirá el que reporte los mejores resultados y será el ensayo a reproducir en la siguiente etapa de vermicompostaje.

### 3.3.1 Procedimiento

Los residuos de cafetería fueron cortados para obtener trozos más pequeños y de esta forma acelerar el proceso de descomposición, tanto los residuos de cafetería como los de jardinería se revolviaron para obtener una mezcla homogénea.



Imagen No.8  
Residuos de cafetería cortados.

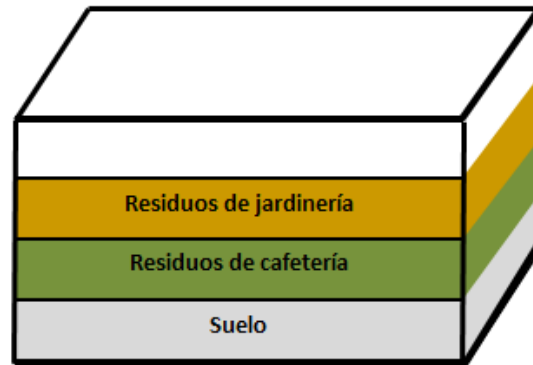


Imagen No.9  
Mezcla de los residuos de jardinería.

Para el establecimiento de las camas se emplearon cajas de plástico; a cada una de las 21 cajas se les colocó una bolsa de plástico para evitar que los residuos orgánicos no se salieran por las ranuras y orificios de las cajas y de esta forma se mantuvieron dentro de la misma.

Los sustratos que se agregaron en las camas fueron de acuerdo a Salazar, *et al*, (2003) quienes indican que la descomposición de los materiales es más fácil si se les coloca en capas.

**Imagen No. 10**  
**Colocación de las capas de residuos orgánicos.**



Fuente: Elaboración propia con base en Salazar *et al* (2003).

Debido a que las camas de composteo fueron realizadas en cajas de plástico fue importante agregarles 3.500 kg de suelo como sustrato base. La segunda capa que se colocó corresponde a los residuos de descomposición fácil (los denominados residuos verdes) que poseen alto contenido de agua, mismos que corresponden a los residuos de la cafetería. La tercera capa de sustrato que se colocó fue la del material más difícil de descomponer (residuos cafés), correspondiente a los residuos de poda, cuya característica es que poseen un bajo contenido de agua.



**Imagen No.11**  
**Capa de suelo como sustrato base.**



**Imagen No.12**  
**Segunda capa: residuos de cafetería.**



**Imagen No.13**  
**Tercera capa: residuos de jardinería.**

Al terminar de colocar los sustratos en cada cama, la bolsa de plástico previamente colocada sirvió para cubrir completamente la composta y de esta manera mantener la humedad necesaria para el proceso de descomposición. Una vez armadas las 21 camas de composta estas se apilaron en columnas como a continuación se muestra:



**Imagen No.14**  
Composta cubierta con la bolsa de plástico.



**Imagen No.15**  
Apilamiento de camas de composta.

Una vez que las camas de composteo son establecidas, es importante realizar los volteos a cada una de éstas, con la finalidad de proporcionar oxígeno y aireación al proceso y lograr que los residuos orgánicos se descompongan de manera uniforme.

Según las recomendaciones de SAGARPA (s/f), el primer volteo debe realizarse a los 22 días de haber iniciado el proceso y posteriormente cada semana o cada 15 días hasta finalizar el mismo. Para este proceso de compostaje se optó por realizar los volteos de las compostas cada 15 días después del primer volteo.



**Imagen No.16**  
Volteo de la composta.



**Imagen No.17**  
Volteo de la composta.

Siguiendo al mismo autor y a la UAAAN (s/f) es importante registrar el nivel de temperatura al que se encuentran y el pH, es decir; el grado de acidez o de alcalinidad que presenta cada una de las distintas mezclas en cada uno de los volteos (ver Anexo No.1).





Imagen No.18  
Lectura del parámetro de temperatura.

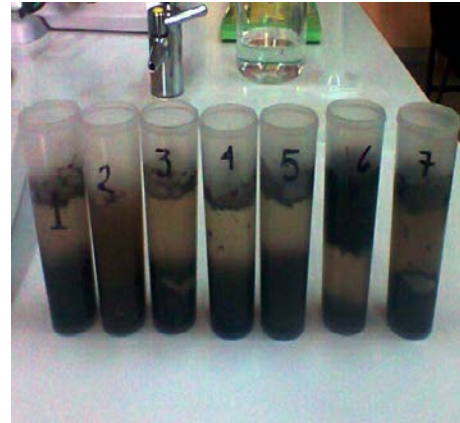


Imagen No.19  
Lectura del parámetro de pH.

En la siguiente tabla se muestran las actividades anteriormente mencionadas y el seguimiento de estas durante el proceso de compostaje.

**Tabla No.5**  
**Actividades realizadas durante el compostaje.**

MES	Marzo 2012	ABRIL 2012		MAYO 2012		JUNIO 2012		JULIO 2012		OBSERVACIONES
ACTIVIDAD	13	03	18	03	18	01	18	02	13	
DÍA										
Inicio del proceso de compostaje	✓									
Humedad	✓									
Primer volteo de las compostas			✓							Se realizó a los 22 días después de iniciar el proceso.
pH			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Estos parámetros se tomaron en cada volteo.
Temperatura			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Volteos durante el proceso de compostaje				✓	✓	✓	✓	✓	✓	Se realizaron cada 15 días después del primer volteo.
Terminación del proceso de compostaje									✓	El proceso de compostaje tuvo una duración de 4 meses.

Todo este proceso de compostaje concluyó el 13 de Julio de 2012 e inmediatamente finalizada la etapa de maduración se inició el secado del producto (composta), esto con la finalidad de obtener las muestras de cada uno de los 7 ensayos que se emplearían para el análisis de macronutrientes.

Una vez secadas las compostas se homogenizaron las camas; se juntaron las repeticiones de cada cama para que resultara una sola, por lo que finalmente se obtuvieron las muestras de cada una de los 7 ensayos establecidos al inicio del proceso. El producto obtenido de los 7 ensayos se tamizó y se reportó la cantidad (en kg) que cada cama produjo (ver Anexo No.2).

Posteriormente para poder obtener una muestra de cada composta se realizó el método de cuartetos y se pesó la cantidad de 50 gr de cada uno de los 7 ensayos.



**Imagen No.20**  
**Tamizado de las compostas.**



**Imagen No.21**  
**Método de cuartetos.**

Esta cantidad fue enviada al Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX) para la realización de los análisis de la relación Carbono/Nitrógeno, Nitrógeno, Fósforo y Potasio, los cuales se complementaron con los realizados en la ULCA (pH y humedad) para que de esta forma se pudieran conocer los resultados de cada uno de los 7 ensayos y así poder escoger la composta que reportará los mejores rendimientos y de esta forma dar inicio a la siguiente la etapa.

Por lo tanto, el ensayo con los mejores resultados de relación C/N será el elegido para reproducirse en la etapa de vermicompostaje; es decir, se empleará la misma relación de residuos cafetería-jardinería empleada en dicho ensayo. Cabe recordar que la finalidad de reproducir el ensayo elegido en la siguiente etapa mediante la técnica de vermicompostaje será para saber si ésta técnica incrementa favorablemente o no en los resultados que se obtuvieron en la técnica del compostaje y comprobar si el vermicompostaje tiene una influencia significativa en los resultados de macronutrientes y en la relación final de C/N.



### 3.4 VERMICOMPOSTAJE

Anteriormente se planteó reproducir el mejor ensayo sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos en el compostaje (ver apartado de resultados) se decidió reproducir los ensayos No. 3, No. 4 y No.7 en esta nueva técnica de degradación de residuos orgánicos, se determinó la cantidad de residuos (kilogramos) de cafetería y jardinería, así como la cantidad de suelo a emplear para el establecimiento de las camas de vermicompostaje.

Para esta etapa se retomó la misma metodología que fue empleada en el compostaje; se dio seguimiento a lo establecido por el UAAAN (s/f) y Salazar, *et al*, (2003), para el caso de los volteos se siguió lo planteado por SAGARPA (s/f) pero cambiando la temporalidad en que estos se realizarían, por lo que ahora los volteos a en esta técnica se llevaron a cabo cada semana.

Es importante mencionar que los ensayos a repetir dan seguimiento a la relación y cantidad de kilogramos de los 3 sustratos (suelo, residuos de cafetería y jardinería) establecidos desde el proceso de compostaje. Como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla No.6**

**Relación de los ensayos a seguir para el establecimiento de las camas de vermicomposteo.**

No. de ensayo	Residuos de jardinería (kg)	Residuos de cafetería (kg)	Relación	No. de cama	Repetición	Total de residuos por ensayo (kg)
3	1	1	1:1	1	1	6
				2	2	
				3	3	
4	2	1	2:1	4	1	9
				5	2	
				6	3	
7	1	3	1:3	7	1	12
				8	2	
				9	3	
<b>Total de residuos (kg)</b>	4*	5*		*cantidad requerida para cada repetición		

En esta nueva etapa de vermicompostaje para cada uno de los 3 ensayos base se realizaron 3 repeticiones, teniendo un total de 9 camas, por lo tanto, se requirieron un total de 31.500 kilogramos de suelo, 12.000 kilogramos de residuos de jardinería y 15.000 kilogramos de residuos de cafetería.

### 3.4.1 Precomposteo

Para poder iniciar la etapa del vermicompostaje se realizó una fase previa a la que se denominó precomposteo; es una fase de preparación del sustrato para las lombrices, ya que como se mencionó, las lombrices no pueden ser introducidas en el sustrato cuando el proceso de fermentación se está llevando a cabo. De la misma manera, durante este proceso el pH es más ácido debido a la descomposición de los residuos, y las lombrices no toleran un pH muy ácido.

Las lombrices deben ser introducidas una vez que en el proceso de fermentación la temperatura haya descendido, el pH se mantenga neutro, y los residuos se encuentren asimilables para las lombrices (mayormente degradados).

#### 3.4.1.1 Procedimiento

Las camas fueron establecidas el 11 de Diciembre de 2012; fecha de inicio de la fase de precomposteo, para dichas camas se ocuparon las mismas cajas de plástico empleadas en el compostaje y a cada una se le colocó una bolsa de plástico para evitar que los residuos orgánicos se salieran de la caja, y principalmente porque se da inicio al proceso de vermicompostaje; por lo tanto la bolsa evitará que las lombrices salgan por los orificios de la caja.

Una vez armadas las 9 camas cada una de estas fue cubierta con la bolsa de plástico que se colocó antes de agregar los sustratos, la cual ayuda a mantener el porcentaje de humedad necesario para llevar a cabo el proceso de descomposición. Todas las camas fueron apiladas en columnas.



Imagen No.22  
Residuos cubiertos con la bolsa de plástico.



Imagen No.23  
Camas apiladas.

La fase de precomposteo concluyó el 11 de Febrero de 2013; el proceso de fermentación tuvo una duración de 2 meses, por lo que finalmente los parámetros de pH y temperatura se encontraban estables para poder introducir las lombrices, de esta manera al tener los parámetros requeridos se dio inicio a la etapa del vermicompostaje.

### 3.4.1.2 ADQUISICIÓN DE LA LOMBRIZ *EISENIA FOETIDA*

Según Álvarez, *et al*, (1998) 1 kilogramo de lombrices debe contener aproximadamente entre 1000 y 1500 individuos. Al ser adquiridas éstas deben ser entregadas en un sustrato donde la población incluya lombrices pequeñas, jóvenes y adultas, así como huevecillos.

Las lombrices empleadas en la técnica de vermicompostaje se adquirieron en el lombricario del ICAMEX, ubicado en las instalaciones de la Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Estado de México.



Imagen No.24  
Lombriz *eisenia foetida*.

Se adquirió 1 kilogramo de la lombriz *eisenia foetida*, el cual contenía 1260 lombrices, dentro de las cuales incluía lombrices pequeñas, adultas, y jóvenes; cada lombriz fue pesada y contabilizada.

**Tabla No.7**  
**Peso en gramos de lombrices de acuerdo a su ciclo de vida.**

Pequeñas	Jóvenes c/clitelo	Adultas
0.22	0.54	0.77

Fuente: Elaboración propia.





**Imagen No.25**  
Lombriz sobre reloj de cristal.



**Imagen No.26**  
Peso de lombriz en la balanza analítica.

Las lombrices fueron repartidas en partes iguales en las camas de vermicompostaje y los huevecillos que contenía este kilogramo no fueron contabilizados debido a la complejidad por su tamaño tan pequeño, éstos se dejaron reproducir en el sustrato en el que venían al momento de su adquisición. Durante esta reproducción se le dieron las condiciones adecuadas (temperatura y humedad) para que la reproducción se lograra.

### **3.4.2 ESTABLECIMIENTO DE LAS CAMAS DE VERMICOMPOSTAJE**

Una vez finalizada la fase de precomposteo el 11 de febrero de 2013 se dio inicio a la etapa del vermicompostaje; a ésta técnica se le denomina así en el momento que se introducen lombrices que serán empleadas para degradar los residuos.

#### **3.4.2.1 Procedimiento**

Las 9 camas establecidas en la fase de precomposteo fueron homogeneizadas al término de esta fase, de tal manera que al momento de colocar las lombrices cada uno de los ensayos cuenta con 2 camas (2 repeticiones) teniendo un total de 6 camas de vermicompostaje.

Antes llevar a cabo la colocación de lombrices fue necesario asegurarse de que cada una de las camas tuviera las condiciones necesarias para la adaptación de éstas, principalmente un pH neutro y una temperatura no mayor a 25° C.

Las 1260 lombrices provenientes del kilogramo adquirido se dividieron entre las 6 camas por lo cual, en cada cama se colocaron 210 lombrices que incluían lombrices pequeñas, adultas y jóvenes. Respecto a la cama que contenía los huevecillos se etiquetó y se le denominó “cama en reproducción”.



**Imagen No.27**  
Colocación de lombrices.



**Imagen No.28**  
Huevecillos de lombrices.



**Imagen No.29**  
Cama en reproducción.

Para el desarrollo del vermicompostaje fue importante mantener monitoreadas a las lombrices principalmente durante la primera semana para asegurarnos que éstas se adaptaran al nuevo sustrato y no emigraran de acuerdo a lo establecido por Ferruzzi, C. (1994).

### 3.4.3 EXPERIMENTO: LICUADO A BASE DE RESIDUOS DE CAFETERIA

Como ya se mencionó en el Capítulo II, las lombrices no pueden alimentarse de residuos enteros ni pueden ser introducidas durante el proceso de fermentación de los residuos por lo que, aproximadamente hay que esperar 2 meses (fase de precomposteo) a que todo este proceso finalice para poder introducir las lombrices y estas puedan alimentarse de los residuos mayormente degradados, ya que las lombrices no tienen dientes para triturar los residuos enteros. Una vez identificado y comprobado esto se decidió llevar a cabo otro experimento, mediante el cual se evita tener que esperar 2 meses a que los residuos terminen de fermentarse y sean asimilables para las lombrices.

El experimento consta de licuar los residuos de cafetería inmediatamente al ser generados; es decir, se obtiene un licuado a base de dichos residuos (cáscaras de frutas y verduras) el cual es aprovechado para alimentar a las lombrices, ya que los residuos están totalmente triturados y son asimilables por las lombrices.



Imagen No.30  
Residuos de cafetería.



Imagen No.31  
Empleo de licuadora  
convencional.



Imagen No.32  
Licuado de residuos.

Con este experimento se pretende conocer si es posible que los residuos de cafetería sean inmediatamente asimilados por las lombrices al ser licuados. Así mismo, se pretende conocer si el licuado tiene influencia en el desarrollo de las mismas; comprobar si el licuado favorece en el peso de la lombriz y si el número de individuos incrementa o no.

Se decidió desarrollar este experimento en la mitad de las camas de vermicompostaje; se experimentó con el licuado en sólo 3 de las 6 camas establecidas. También se

experimentó con la “cama en reproducción”, esta se dividió en 2 partes y solo a una se le agrego el licuado con la finalidad de saber si el licuado favorecía el desarrollo de los huevecillos.



**Imagen No.33**  
Camas de vermicompostaje con y sin licuado.



**Imagen No.34**  
Colocación del licuado a las camas de vermicompostaje.



**Imagen No.35**  
División de la cama en reproducción.

El primer licuado se colocó en las camas de vermicompostaje a los dos días de haber colocado las lombrices, posteriormente se siguió colocando en cada volteo semanal. Cada semana se revisaban las 6 camas de vermicomposta y la cama de reproducción para monitorear los parámetros de temperatura, pH y humedad hasta finalizar el proceso de vermicompostaje (ver Anexo No.4), respecto a este último parámetro, si una cama de vermicompostaje estaba muy poco húmeda, se le agregaba el agua necesaria para mantener vivas las lombrices. Es importante mencionar que no siempre fue necesario agregar agua en cada volteo, sólo si las camas lo requerían.



La cantidad de licuado que se colocó a cada cama de vermicomposta fue de 600 mililitros, y en la cama de reproducción que contenía únicamente los huevecillos se colocaron 300 mililitros de licuado.



Imagen No.36

Vaso de precipitado de 600 ml con licuado.



Imagen No.37

Vaso de precipitado de 300 ml con licuado.

El primer licuado se colocó sobre la superficie de la cama de vermicompostaje (sobre el sustrato) esperando que las lombrices subieran a digerirlo. Sin embargo, en el volteo realizado a la semana siguiente el licuado permanecía sobre la superficie del sustrato; este no fue digerido por las lombrices pero estas seguían vivas y se encontraban en el fondo de la vermicomposta por lo tanto, el licuado no tuvo efectos negativos sobre la vida de las lombrices. Una vez identificado esto, se optó por colocar de manera distinta el licuado; este ya no se dejaría sobre la superficie, sino que al ser colocado se revolvería con el sustrato. Para el siguiente volteo se identificó que las lombrices ya habían ingerido el licuado ya que no había residuos de este, por lo que se decidió que esta era la mejor forma para seguir colocándolo.

Es importante mencionar que las lombrices de las 3 camas en las que se aplicó el experimento del licuado se alimentaban tanto del licuado como de los residuos orgánicos previamente degradados en la fase de precomposteo, las lombrices pertenecientes a la mitad (a la que se le colocó el licuado) de la cama en reproducción se alimentaban del licuado y del sustrato en el que inicialmente se dejaron; en el cual venían cuando fueron adquiridas.

Las lombrices de las otras 3 camas a las que no se les colocó el licuado, sólo se alimentaban de los residuos orgánicos degradados en la fase de precomposteo y las lombrices de la otra mitad de la cama en reproducción (a las que no se les colocó el licuado) sólo se alimentaban del sustrato en el que inicialmente se dejaron.



A continuación se muestra la tabla de las actividades desarrolladas en esta etapa:

MES	DICIEMBRE 2012						ENERO 2013						FEBRERO 2013						MARZO 2013						ABRIL 2013						OBSERVACIONES
ACTIVIDAD	11	02	09	16	23	30	06	11	13	20	27	06	13	20	27	06	13	20	27	03	10	11									
DÍA																															
Inicio del proceso de precomposteo	✓																														
Humedad	✓																						✓	Este parámetro se tomó al inicio y final del proceso de vermicompostaje.							
Colocación de lombrices en las compostas									✓															Se colocaron 210 lombrices a cada cama, es aquí donde inicia el vermicompostaje.							
Primer volteo de las vermicompostas			✓																					Se realizó a los 22 días después de iniciar el proceso.							
pH	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		Estos parámetros se tomaron en cada volteo.							
Temperatura	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
Alimentación de lombrices licuado									✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		El licuado fue hecho a base de los residuos frescos generados en la cafetería.							
Volteos durante el proceso de vermicompostaje			✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		Se realizaron cada 8 días después del primer volteo.							
Terminación del proceso de vermicompostaje																							✓	El proceso de vermicompostaje tuvo una duración de 2 meses.							

Como se puede observar, la colocación del licuado se hizo durante 9 semanas una vez iniciado el proceso de vermicompostaje, este proceso finalizó el 11 de Abril del 2013; teniendo una duración de 2 meses, recordando que previo a este proceso se realizó la fase de precomposteo la cual tuvo una duración de 2 meses; esta fase comprende la parte inicial de la técnica del vermicompostaje por lo tanto, esta técnica se desarrolló a lo largo de 4 meses.

Al finalizar la etapa del vermicompostaje se tomó una muestra de 50 gramos de cada una de las 6 camas realizados (3 con licuado y 3 sin licuado) con la finalidad de ser enviadas al ICAMEX para el análisis de macronutrientes (N,P,K) y relación Carbono/Nitrógeno (ver Anexo No. 5), como se hizo para las muestras de compostaje. Los resultados obtenidos se complementarán con los parámetros de temperatura y pH tomados en la ULCA y de esta forma poder realizar el análisis comparativo entre los resultados del compostaje y vermicompostaje.



## Capítulo IV

# Análisis de Resultados.

### 4.1 GENERACION DE RESIDUOS DE CAFETERIA Y JARDINERIA

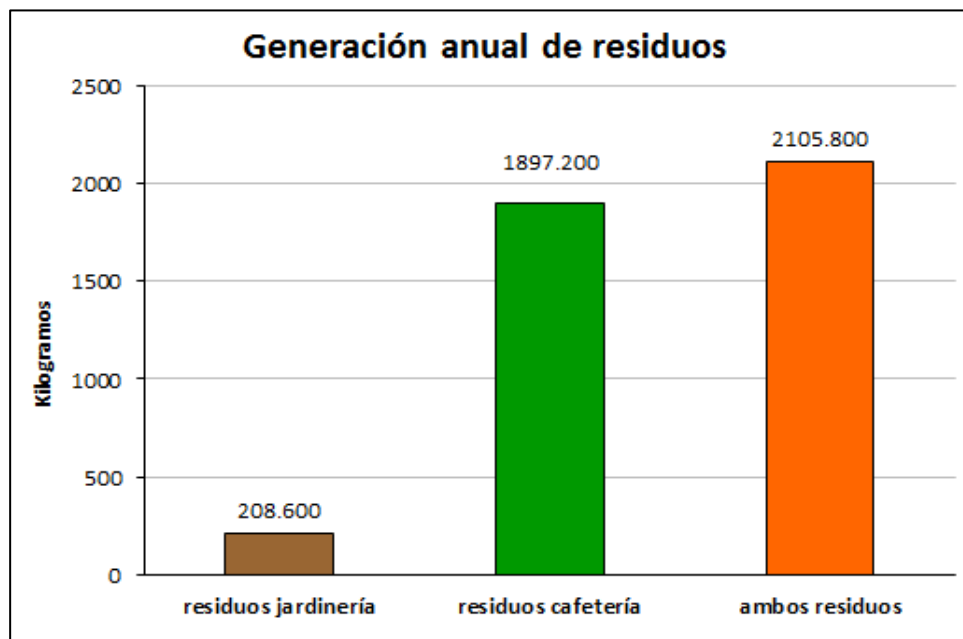
#### *Residuos de jardinería*

Los residuos de jardinería en la FaPUR se generan semestralmente al dar mantenimiento a las áreas verdes y el promedio total es de 104.300 kilogramos. Partiendo de este dato se puede calcular que al año se genera un total de 208.600 kilogramos de este tipo de residuos.

#### *Residuos de cafetería*

Este tipo de residuos tiene una mayor relevancia dentro de la FaPUR debido a que estos se generan diariamente por el consumo de alimentos; en promedio al día se generan 5.270 kilogramos, al mes 158.100 kilogramos y al año se estima un total de 1897.200 kilogramos.

Gráfico No.1  
Generación anual de residuos en la FaPUR.



Tanto los residuos de cafetería como los de jardinería no están siendo aprovechados por la Facultad y son enviados al sitio de disposición final (la mayoría de veces sin ser



separados). Por ello, es importante darles un aprovechamiento ya únicamente en este espacio académico al año se genera un total de 2105.800 kilogramos de estos residuos en conjunto.

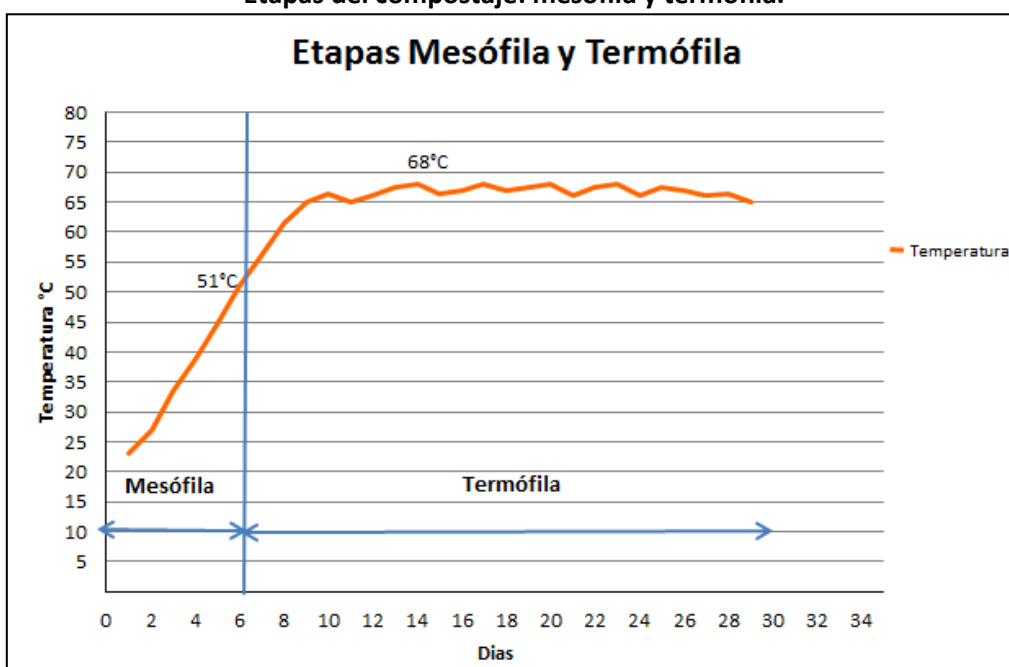
Considerando que la UAEMex cuenta con 66 espacios académicos se calcula que al año se generan 125,215.200 kilogramos de residuos de cafetería y 13,767.600 kilogramos de residuos de jardinería, ambos residuos dan un total de 138,982.800 kilogramos que actualmente no están recibiendo un aprovechamiento por parte de la Institución. Sin embargo, estos residuos pueden ser aprovechados mediante la técnica de vermicompostaje con lo cual se estaría contribuyendo a las disminuciones de los impactos ambientales.

## 4.2 RESULTADOS COMPOSTAJE

### 4.2.1 Parámetros obtenidos durante el compostaje

Es importante recordar que los datos de temperatura que se presentan respecto a las etapas mesófila y termófila se manifestaron durante el periodo de almacenaje de los residuos de cafetería. Estas dos etapas tuvieron una duración de 30 días, donde la etapa mesófila tuvo una duración de 6 días, alcanzando el día 6 una temperatura de 51°C y la etapa termófila presentó una temperatura máxima de 68°C, esta etapa comprendió del día 7 al día 30 como a continuación se muestra:

Gráfico No.2  
Etapas del compostaje: mesófila y termófila.







En la siguiente tabla se presentan los datos del parámetro de temperatura y pH que se obtuvieron al inicio del proceso de compostaje:

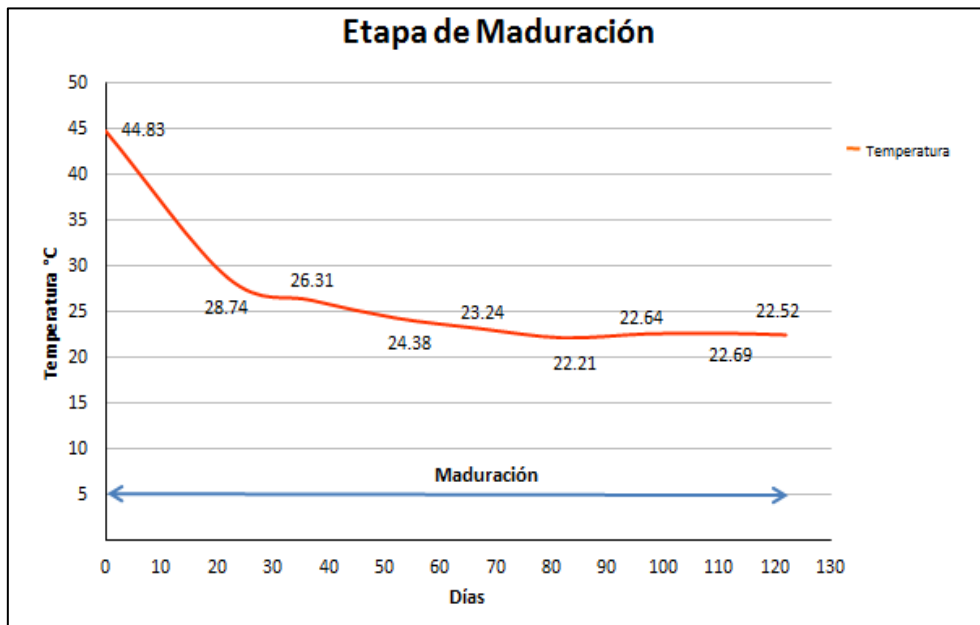
**Tabla No.8**  
**Parámetros iniciales de las compostas.**

No. de ensayo	No. de cama	Repetición	Temperatura °C	pH	Humedad %
1	1	1	23	5	18.02
	2	2	24	5	
	3	3	23	4	
2	4	1	60	6	64.15
	5	2	61.5	6	
	6	3	62	6	
3	7	1	58	4	57.97
	8	2	57.5	5	
	9	3	57	5	
4	10	1	27	5	40.80
	11	2	27	5	
	12	3	26.5	6	
5	13	1	55	4	27.64
	14	2	57	4	
	15	3	57.5	5	
6	16	1	26	5	63.09
	17	2	23	4	
	18	3	25	5	
7	19	1	64	5	65.02
	20	2	63.5	4	
	21	3	64	5	

El parámetro de humedad solo se tomó al inicio y al final del proceso, el pH se tomó cada 15 días (en cada volteo de la composta) y la temperatura se monitoreo constantemente durante el proceso.

Con los datos obtenidos de temperatura una vez establecidas las camas se pudo construir el gráfico siguiente que representa la etapa de maduración; siendo esta la tercera y última etapa del proceso de compostaje. Esta etapa tuvo una duración de 122 días (4 meses) donde se pudo comprobar que después del proceso de fermentación la temperatura tiende a estabilizarse, cuando la temperatura ya no presenta cambios o diferencias significativas nos indica que ya no hay reacciones por procesos de descomposición y la composta se encuentra madura.

**Gráfico No.3**  
**Etapas del compostaje: maduración.**



Los parámetros de temperatura, pH y humedad que se registraron al finalizar el proceso de compostaje son los siguientes:

**Tabla No.9**  
**Parámetros finales de las compostas.**

No. de ensayo	No. de cama	Repetición	Temperatura °C	pH	Humedad %
1	1	1	22	7	35.61
	2	2	22	7	
	3	3	22	7	
2	4	1	22	7	44.82
	5	2	22.5	7	
	6	3	22.5	7	
3	7	1	23	7	51.39
	8	2	23	7	
	9	3	23	7	
4	10	1	22	7	40.69
	11	2	22	7	
	12	3	22.5	7	
5	13	1	23	7	59.76
	14	2	22.5	7	
	15	3	23	7	
6	16	1	23	7	43.54
	17	2	23	7	
	18	3	23	7	
7	19	1	23	7	65.98
	20	2	22	7	
	21	3	22	7	



#### 4.2.2 Resultados finales del compostaje

Los análisis realizados por el ICAMEX a los 7 ensayos para determinar las cantidades de Nitrógeno, Fosforo y Potasio presentes en cada uno de los ensayos (ver Anexo No.3), así como la relación C/N; se hicieron con la finalidad de conocer la cantidad de macronutrientes contenidos en cada uno de los diferentes ensayos.

Es importante mencionar que para este trabajo la relación C/N será la variable determinante para elegir el mejor ensayo, debido a que esta relación es fundamental en la asimilación de N,P,K por las plantas y el suelo.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de macronutrientes y la relación final C/N en la técnica del compostaje:

**Tabla No.10**  
**Resultados de N, P, K y C/N de compostaje.**

Ensayo	C/N	Nitrógeno(N) %	Fósforo(P) ppm	Potasio (K) ppm
1	17.16	0.16	430.95	1800
2	9.87	0.16	500.26	1900
3	16.03	0.28	440.58	2100
4	13.16	0.28	379.75	2600
5	15.57	0.32	136.45	2200
6	18.32	0.26	342.18	2600
7	10.97	0.29	343.04	3100

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos del ICAMEX.

Para el análisis de resultados de Nitrógeno, Fósforo y Potasio se tomaran como referencia los parámetros establecidos en la Norma NTEA-006-SMA-RS-2006 "Límites permitidos para mejoradores orgánicos", mismos que a continuación se desglosan:



**Tabla No.11**  
**NTEA-006-SMA-RS-2006. Límites permitidos para mejoradores orgánicos.**

Elemento	Parámetro establecido
Materia Orgánica	>15 %
Fósforo	>1000 ppm
Potasio	>2500 ppm
Nitrógeno	Relación C/N menor de 12
pH	6.5 a 8.0

Fuente: Elaboración propia con base en la NTEA-006-SMA-RS-2006.

Para el caso de la relación C/N se retomará lo establecido por el Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). De acuerdo a este Departamento la relación C/N al inicio del proceso de compostaje debe ser 30/1 para que pueda darse una buena fermentación de los residuos y al final del proceso la relación debe ser 12/1.

#### **Relación C/N**

La relación final de C/N de acuerdo lo establecido a este Departamento, como se muestra en la tabla siguiente, el ensayo que presenta el mejor resultado es el No. 4, debido a que el valor de su relación se encuentra muy cercano al 12, este ensayo consistió en una composta de relación 2:1 destacando los residuos de jardinería.

La relación C/N menos favorable le corresponde al ensayo No. 6 el cual contempló una relación 3:1 donde la mayor cantidad de residuos composteados fueron de jardinería, por lo que su relación final C/N resulto ser la menos favorable de los 7 ensayos.

**Tabla. No.12**  
**Jerarquía de los ensayos de compostaje en función al resultado de la relación C/N.**

Posición	Ensayo	Relación contenida Carbono/Nitrógeno
1	4	13.16
2	7	10.97
3	2	9.87
4	5	15.57
5	3	16.03
6	1	17.16
7	6	18.32

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos del ICAMEX.

Partiendo de estos resultados, fue importante identificar el ensayo con la mejor relación C/N y que a su vez contenga en su combinación los 2 tipos de residuos orgánicos que se generan en la FaPUR (residuos de cafetería y jardinería) y que estos



sean aprovechados en su totalidad sin restarle prioridad a alguno de estos residuos. Por lo que, los ensayos No. 1 y No. 2 se descartan debido a que, el primero es una composta que únicamente fue hecha de residuos de jardinería y el segundo es una composta elaborada solo con residuos de cafetería, por lo tanto, los ensayos que presentan los mejores resultados de C/N y que contienen la combinación de los dos tipos de residuos generados en la FaPUR son el ensayo 4 y el ensayo 7.

Es importante mencionar que la elaboración de los ensayos No. 1 y No.2 sirvió para conocer la relación final de C/N; en los resultados se puede identificar que una composta hecha a base de residuos de jardinería presenta una relación alta de C/N rebasando las 12 partes de carbono requeridas en una composta estabilizada y por el contrario, una composta elaborada solo con residuos de cafetería presenta una relación baja de C/N.

La relación final C/N del ensayo No.1 es alta debido a que los residuos de jardinería están compuestos principalmente por materiales leñosos, donde la resistencia a su descomposición se debe a la presencia de ligninas y celulosa en su estructura. Para el caso de la relación C/N final del ensayo No.2, ésta es baja debido a que únicamente se compostearon residuos de cafetería y su descomposición fue más rápida porque su estructura se compone principalmente de hidratos de carbono y proteínas.

### ***Materia Orgánica***

Los análisis realizados a los 7 ensayos, reportaron que el porcentaje de materia orgánica presente en cada uno de estos como se muestra a continuación se encuentra por debajo del parámetro determinado por la Norma quien establece que el porcentaje de este elemento debe ser mayor a 15.

**Tabla. No.13**  
**Jerarquía de los ensayos de compostaje en función al resultado Materia Orgánica.**

<b>Posición</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Materia Orgánica %</b>
<b>1</b>	5	9.20
<b>2</b>	6	8.91
<b>3</b>	3	8.42
<b>4</b>	4	6.79
<b>5</b>	7	5.99
<b>6</b>	1	5.13
<b>7</b>	2	2.92

**Fuente:** Elaboración propia con base en los resultados obtenidos del ICAMEX.

Esta materia orgánica proviene de los residuos vegetales empleados en este trabajo, partiendo de moléculas orgánicas complejas a compuestos orgánicos más sencillos. La materia orgánica tiene su importancia en el funcionamiento de los ecosistemas;



debido a que interviene de forma activa en la formación del suelo, condiciona su comportamiento en relación al crecimiento de las plantas y microorganismos, al influir en el movimiento y almacenamiento de agua, y constituye una fuente de nutrientes entre otros aspectos (Porta, J., 1994).

### **MACRONUTRIENTES**

#### ***Nitrógeno***

Es importante aclarar que para este elemento la Norma no establece un parámetro que indique la cantidad requerida de este macronutriente, sino que este es tomado en cuenta en función con el carbono, determinando así la relación C/N.

Sin embargo, los resultados de cada uno de los ensayos muestran el porcentaje de nitrógeno contenido en cada una de las compostas realizadas como a continuación se presenta:

**Tabla. No.14**  
**Resultados del porcentaje de Nitrógeno en compostaje.**

<b>Ensayo</b>	<b>Nitrógeno %</b>
<b>1</b>	0.16
<b>2</b>	0.16
<b>3</b>	0.28
<b>4</b>	0.28
<b>5</b>	0.32
<b>6</b>	0.26
<b>7</b>	0.29

**Fuente:** Elaboración propia con base en los resultados obtenidos del ICAMEX.

Como lo fundamenta Rodríguez, F. (1996), para que las plantas puedan asimilar este elemento es importante que haya una transformación del nitrógeno orgánico al nitrógeno utilizable por las plantas tales como el amonio ( $\text{NH}_3$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3$ ) principalmente. El nitrógeno se encuentra en la planta cumpliendo importantes funciones bioquímicas y biológicas.

#### ***Fósforo***

Para este elemento la Norma establece que el valor contenido en partes por millón (ppm) debe ser mayor de 1000. Cada uno de los 7 ensayos realizados contiene este elemento en distintas cantidades, sin embargo ninguno de estos ensayos alcanza el parámetro establecido. De esta manera se tiene que el ensayo con más contenido de fósforo es el ensayo No. 2 y el ensayo con la menor cantidad de este elemento es el ensayo No. 5 como se muestra en la tabla siguiente:



**Tabla. No.15**  
**Jerarquía de los ensayos de compostaje en función al resultado de Fósforo.**

Posición	Ensayo	Parámetro contenido de P (ppm)
1	2	500.26
2	3	440.58
3	1	430.95
4	4	379.75
5	7	343.04
6	6	342.18
7	5	342.18

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos del ICAMEX.

Las formas de asimilación de este elemento por parte de la planta de acuerdo a Rodríguez, F. (1996), son como fosfato monobásico ( $PO_4H_2^-$ ) y el fosfato bibásico ( $PO_4H_2^{2-}$ ); siendo el primero de mayor utilización que el segundo.

### **Potasio**

En el caso de este elemento la Norma establece que el valor en partes por millón debe ser mayor de 2500. Los 7 ensayos realizados contienen este macronutriente en distintas cantidades; la cantidad máxima reportada es de 3100 ppm y la mínima de 1800 ppm, siendo el ensayo No. 7 el que reportó la cantidad máxima, y el ensayo No. 1 el que reporto la cantidad mínima, encontrándose este último por debajo de lo establecido por la Norma.

**Tabla. No.16**  
**Jerarquía de los ensayos de compostaje en función al resultado de Potasio.**

Posición	Ensayo	Parámetro contenido de K (ppm)
1	7	3100
2	6	2600
3	4	2600
4	5	2200
5	3	2100
6	2	1900
7	1	1800

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos del ICAMEX.

En Rodríguez, F. (1996) se describe que el potasio es absorbido por las plantas en su forma catiónica ( $K^+$ ). Cuando este elemento entra en el sistema metabólico de las células de la planta, forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de



la misma, que sirven para regular el potencial osmótico celular, regulando así el contenido de agua interna.

Partiendo de todos estos resultados obtenidos por el ICAMEX, el ensayo con el mejor resultado de relación C/N es el No. 4, por lo tanto, este será el ensayo que se desarrollara en la etapa del vermicompostaje como fue establecido inicialmente. Sin embargo, el ensayo No. 7 también presenta una buena relación C/N, es decir, tanto el ensayo No. 4 como el No. 7 son los que reportaron los mejores resultados.

Como la finalidad es elegir y reproducir el mejor ensayo, se decidió reproducir ambos ensayos en la técnica del vermicompostaje. Recordando que lo importante de este trabajo fue aprovechar los dos tipos de residuos generados en la FaPUR (residuos de cafetería y jardinería) estos ensayos cumplen con este aprovechamiento.

También se decidió reproducir un ensayo con una relación C/N poco favorable, con la finalidad de comprobar si al ser desarrollado mediante el vermicompostaje su relación C/N final se ve favorecida. De acuerdo a los resultados del compostaje, esto corresponde al ensayo No. 6, donde su relación C/N final se encuentra excedida y para su elaboración se empleó una relación 3:1, sin embargo, el ensayo No. 3 es el que se tomará como el ensayo menos favorable debido a que excede lo establecido y que además en su elaboración se empleó una relación equitativa de residuos orgánicos.

De esta manera, los ensayos a repetir en la etapa de vermicompostaje serán los ensayos No. 3, No. 4, y No. 7.





### 4.3 RESULTADOS DEL VERMICOMPOSTAJE

#### 4.3.1 Parámetros obtenidos durante precomposteo

A continuación se muestran los parámetros iniciales correspondientes a esta fase:

**Tabla No.17**  
**Parámetros iniciales de las precompostas.**

No. de ensayo	No. de cama	Repetición	Temperatura °C	pH	Humedad %
3	1	1	23	5	46.32
	2	2	22.5	6	
	3	3	23	5	
4	4	1	23.5	5	53.14
	5	2	23	4	
	6	3	23	5	
7	7	1	23.5	5	77.98
	8	2	24	4	
	9	3	24	4	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.2 Parámetros obtenidos durante el vermicomposteo

A finalizar el precomposteo se tomaron los mismos parámetros a cada una de las 6 camas y una vez comprobado que las condiciones eran óptimas para las lombrices estas se colocaron enseguida.

**Tabla No.18**  
**Parámetros iniciales de las vermicompostas.**

No. de ensayo	No. de cama	Repetición	Temperatura °C	pH	Humedad %
3	1	1	24.5	7	46.32
	2	2	24	7	
	3	1	24	7	
4	4	2	24	7	53.14
	5	1	24.5	7	
7	6	2	24.5	7	77.98

Fuente: Elaboración propia.

Al término del vermicompostaje (4 meses) se registraron los parámetros de temperatura, pH y humedad mismos que a continuación se muestran, recordando que



este último parámetro únicamente se tomó al inicio y al final de cada técnica desarrollada.

**Tabla No.19**  
**Parámetros finales de las vermicompostas.**

No. de ensayo	No. de cama	Repetición	Temperatura °C	pH	Humedad %
3	1	1	23.5	7	56.19
	2	2	24	7	
4	3	1	24	7	63.63
	4	2	24.5	7	
7	5	1	24	7	68.21
	6	2	24	7	

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.3 Resultados del experimento del licuado

La finalidad del licuado fue saber si este influía positivamente en el peso de las lombrices y en el número total de individuos, el cual resultó muy favorable.

Las lombrices de las 3 camas a las que se les colocó el licuado y las lombrices pertenecientes a la mitad de la “cama en reproducción” con licuado se mantuvieron vivas; el licuado no tuvo efecto negativo sobre las lombrices, y estas lo asimilaron favorablemente.

Respecto a la cama en reproducción se identificó lo siguiente:

	Lombrices sin licuado	Lombrices con licuado
<b>Huevecillos de la lombriz <i>eisenia foetida</i></b>	El 11 de Febrero de 2013 los huevecillos se dejaron en el mismo sustrato en el que venían (cuando fueron adquiridas las lombrices). Ambas partes se mantuvieron a la misma temperatura y humedad.	
<b>Desarrollo de las lombrices</b>	En el mismo lapso de tiempo no había desarrollo aparente de los huevecillos.	A los 2 meses los huevecillos se lograron desarrollar; es decir, visiblemente se podían identificar un sin número pequeñas de lombrices.
<b>Crecimiento de las lombrices</b>	En este tercer mes, se tuvo que buscar dentro del sustrato a las lombrices, debido a que aparentemente no había alguna; notando que eran muy pocas las que habían logrado un crecimiento. Las pocas lombrices que se encontraron presentaban un peso menor y tamaño menor en comparación con las lombrices a las que se les colocaba el licuado.	Al tercer mes las lombrices existentes lucen más grandes y con un peso aparentemente mayor que las lombrices que no tienen licuado y se identificaron fácilmente dentro del sustrato, también presentaban una mayor movilidad y estas con frecuencia se concentraban en las partes donde había licuado.



<b>Características del sustrato</b>	A partir del tercer mes se identificó que el sustrato se compactaba por la falta de un número mayor de lombrices que realizaran actividad dentro del sustrato. Se formaban pedazos sólidos y granulares dentro del sustrato que tenían que deshacerse con la mano y generalmente estos eran muy duros. Comúnmente el sustrato perdía humedad y era necesario agregarle agua para mantener el porcentaje de humedad requerido.	Este sustrato a partir del tercer mes se percibía más suave debido a que su granulometría era más fina y no presentaba compactación ya que tenía un número mayor de lombrices y por lo tanto la actividad de estas evitaba que se compactara. Generalmente este sustrato mantenía su humedad, y no era necesario agregarle agua, ya que se pudo percibir que el licuado que se le colocaba semanalmente le aportaba una cierta cantidad de agua.
<b>Número total de lombrices</b>	A los 4 meses, al finalizar el vermicompostaje se contaron las lombrices que había dentro del sustrato, por lo que únicamente se lograron reproducir un total de <b>493</b> lombrices. Las lombrices pequeñas presentan un peso promedio de 0.29 gramos, las jóvenes 0.36 gramos y las lombrices adultas 0.59 gramos.	El número total de lombrices contadas al finalizar los 4 meses del proceso de vermicompostaje fue de <b>802</b> lombrices, donde las lombrices pequeñas presentan un peso promedio de 0.36 gramos, las jóvenes 0.59 y las lombrices adultas 1.00 gramos.
<b>Conclusiones</b>	La finalidad de tener la “cama en reproducción” fue lograr el desarrollo de los huevecillos, lo cual se cumplió al darle los cuidados requeridos al igual que a las demás camas. Las lombrices de ésta lograron crecer sin que murieran, el desarrollo de los huevecillos se logró en ambas divisiones de la cama (con y sin licuado) teniendo un total de <b>1295</b> lombrices. Partiendo del experimento realizado a esta cama se concluye que el licuado colocado a la mitad de ésta favoreció significativamente en el desarrollo de las lombrices, ya que como se mostró anteriormente la cantidad final de lombrices es notablemente mayor al igual que su peso en comparación con la mitad de la cama a la que no se le colocó el licuado.	

De igual forma, para los otros 3 ensayos con los que se desarrolló el experimento durante el vermicompostaje se tienen los siguientes resultados:

	Lombrices sin licuado	Lombrices con licuado
<b>Lombriz <i>eisenia foetida</i></b>	El 11 de Febrero de 2013 al finalizar la etapa de precomposteo se colocó un total de 210 lombrices a cada una de las camas correspondientes a los ensayos.	
<b>Desarrollo de las lombrices</b>	Las lombrices se adaptaron favorablemente al sustrato en el que fueron colocadas, todas se mantuvieron dentro de las camas de vermicompostaje sin llegar a la emigración.	
<b>Crecimiento de las lombrices</b>	Estas lombrices se alimentaban únicamente del sustrato en el que se colocaron, de tal manera que, su alimentación consistió de los residuos previamente degradados en la fase del precomposteo.  Aparentemente todas las lombrices se mantenían vivas y se encontraban dispersas en el fondo de la cama; para poder verlas era necesario mover el	Las lombrices se alimentaron del licuado que se les colocaba semanalmente, este fue aceptado por las lombrices sin causarles algún efecto negativo.  Notablemente todas las lombrices que fueron colocadas inicialmente las seguían vivas. Estas se encontraban en todo el sustrato y era común



	<p>sustrato, por lo tanto su movilidad era baja.</p> <p>A partir del segundo mes no había un incremento notable en la población de lombrices pero se podía identificar la presencia de algunos huevecillos.</p> <p>En el tercer mes las lombrices no presentaban cambio alguno es su peso y tamaño; no se percibía un aumento es estos factores.</p> <p>Para el cuarto mes la población de lombrices se percibía sin cambio alguno, es decir, aparentemente no se había duplicado el número de individuos a pesar de la presencia de huevecillos en meses atrás.</p> <p>Al finalizar este mes se podía identificar solo la presencia de lombrices jóvenes y adultas, y los huevecillos eran escasos.</p>	<p>encontrar pequeños grupos de lombrices muy cerca a la superficie comiendo el licuado. La movilidad de estas lombrices era mayor en comparación a las que no se alimentaban del licuado.</p> <p>En el segundo mes, se podía identificar un sin número de huevecillos así como el nacimiento de lombrices, su presencia era evidente a pesar de pequeño tamaño.</p> <p>Para el lapso de 3 meses el peso y tamaño de las lombrices visiblemente era mayor al de las lombrices que no se les colocó el licuado. Además que desde este mes era notable el incremento de la población de lombrices; las lombrices nacidas en el mes anterior ya habían logrado un mayor tamaño, y nuevamente habían nuevos individuos.</p> <p>En el cuarto mes la población notablemente había incrementado, podía calcularse que la cantidad inicial se había logrado duplicar. Debido al incremento en el número de las lombrices se notaba una mayor movilidad de estas en el sustrato, concentrándose de forma cercana a la superficie donde se alimentaban del licuado. Su peso y tamaño seguía percibiéndose mayor al de las otras lombrices.</p> <p>Hasta este tiempo se identificaba con facilidad la presencia de lombrices pequeñas, jóvenes y adultas, así como un número considerable de huevecillos.</p>
<p><b>Características del sustrato</b></p>	<p>En el tercer mes se identificó que el sustrato se compactaba por la falta de un número mayor de lombrices que se movieran dentro del sustrato, por lo tanto, éste se caracterizaba por la presencia de pedazos sólidos, duros y compactos. Conforme el sustrato perdía humedad era necesario colocarle el agua requerida.</p>	<p>En este sustrato a partir del tercer mes la granulometría que presentaba era más fina y se percibía más suave. Este sustrato no presentó compactación en comparación al sustrato que no se le colocó el licuado derivado de la actividad del gran número de lombrices que este contenía.</p> <p>Por lo regular el sustrato mantuvo su humedad y en pocas ocasiones se lo colocó agua, debido a que el licuado le proporcionaba cierta humedad.</p>
<p><b>Número total de lombrices</b></p>	<p>Al finalizar el vermicompostaje después de 4 meses se contaron una a una las lombrices que había dentro de</p>	<p>El número total de lombrices contadas al finalizar los 4 meses del proceso de vermicompostaje en cada uno de los 3</p>

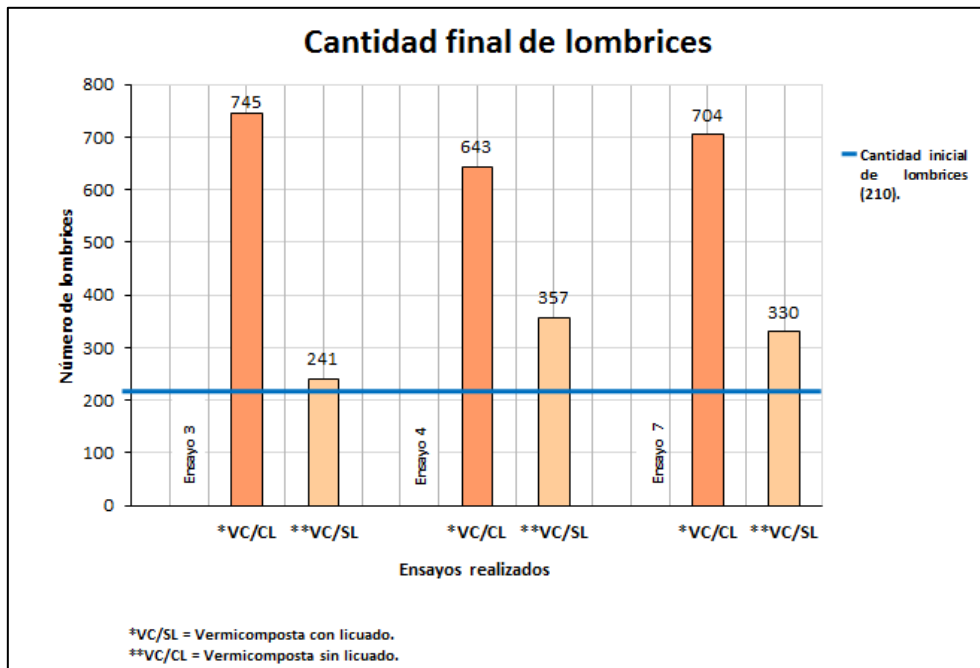


	<p>cada una de las camas sustratos fue de un total de <b>2092</b> correspondiente a los ensayos lombrices. desarrollados, teniendo un total de <b>928</b> lombrices.</p>
<b>Conclusiones</b>	<p>El desarrollo y crecimiento de las lombrices se logró en las 6 camas, tanto en las que se llevó a cabo el experimento del licuado como en las que no se colocó, en total se contaron <b>3020</b> lombrices. Sin embargo, se pudo comprobar que las lombrices a las que se les colocó el licuado se vieron favorecidas de forma significativa en su desarrollo y reproducción, la población total de estas lombrices es mayor al final del proceso.</p>

De las 3020 lombrices contadas en las camas de vermicompostaje, los ensayos que reportaron mayor reproducción de lombrices son los ensayos No. 3, No. 4 y No.7 a los que se les colocó el licuado, logrando estos triplicar la cantidad de lombrices contenida inicialmente (210 lombrices para cada uno de los ensayos). De estos 3 ensayos, el que reportó la mayor cantidad de lombrices es el ensayo No.3 como se muestra en el gráfico siguiente.

Las cantidades más bajas las reportaron los ensayos a los que no se les colocó el licuado, los cuales no lograron si quiera duplicar la cantidad inicial por ejemplo, en el del caso del ensayo No.3 a lo largo de 4 meses únicamente se lograron 31 nacimientos así, al final del proceso este ensayo tuvo un total de 241 lombrices.

**Gráfico No.4**  
**Cantidad total de lombrices contabilizadas al finalizar el proceso de vermicompostaje.**



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos del ICAMEX.



Al igual que el número de lombrices, el peso de estas se vio favorecido al desarrollar el experimento (alimentación con el licuado). Para el caso de las lombrices adultas (3 meses de vida) la diferencia del peso promedio de las lombrices que fueron alimentadas con el licuado es mayor con 0.20 gramos en comparación con el peso de las lombrices que solo se alimentaron del sustrato. En el caso de las lombrices jóvenes (2 meses de vida) la diferencia del peso promedio es de aproximadamente 0.11 gramos viéndose favorecidas las lombrices que se alimentaron del licuado, como se muestra en la siguiente tabla. De la misma manera las lombrices pequeñas (1 mes de vida) fueron contadas una a una, sin embargo en éstas la diferencia de peso no era significativa sino hasta que presentaban un desarrollo mayor.

**Tabla No.20**  
**Peso promedio (gr) final de la lombriz *eisenia foetida*.**

ENSAYO	PEQUEÑAS	JÓVENES	ADULTAS
3-VC/CL	0.23	0.47	0.73
3-VC/SL	0.27	0.37	0.49
4-VC/CL	0.30	0.48	0.71
4-VC/SL	0.24	0.36	0.52
7-VC/CL	0.20	0.49	0.69
7-VC/SL	0.25	0.37	0.50

\*VC/SL = Vermicomposta con licuado.

\*\*VC/CL = Vermicomposta sin licuado.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **4.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DE COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE.**

Es importante recordar que los 3 ensayos realizados en esta etapa del vermicompostaje son los que se eligieron de acuerdo a los resultados finales del compostaje.

Los resultados obtenidos de macronutrientes y la relación final C/N en la técnica del vermicompostaje de las camas con y sin licuado se muestran a continuación:



**Tabla No.21**  
**Resultados de N, P, K y C/N de vermicompostaje.**

Ensayo	C/N	Nitrógeno (N) %	Fosforo (P) ppm	Potasio (K) ppm
3-VC/CL	9.33	0.36	642.37	6400
3-VC/SL	13.13	0.27	373.44	4600
4-VC/CL	15.80	0.32	402.56	7000
4-VC/SL	13.04	0.39	371.83	4000
7-VC/CL	10.72	0.44	369.75	7200
7-VC/SL	10.69	0.31	467.97	2800

\*VC/SL = Vermicomposta con licuado.

\*\*VC/CL = Vermicomposta sin licuado.

Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma que en el análisis de resultados del compostaje, se tomarán como referencia los parámetros establecidos en la Norma *NTEA-006-SMA-RS-2006 "Límites permitidos para mejoradores orgánicos"*.

### Relación C/N

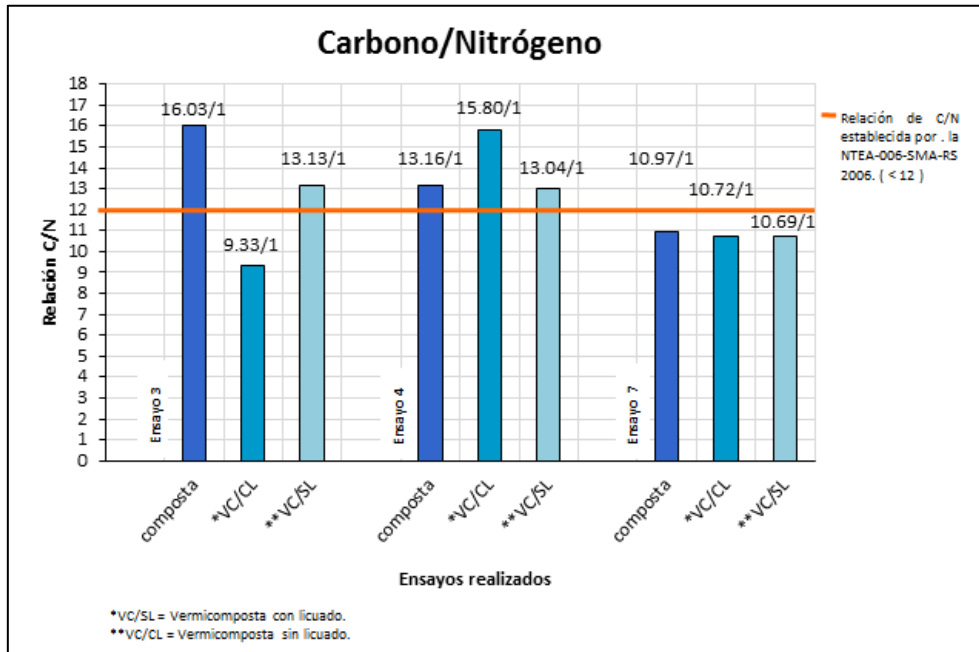
La relación Carbono/Nitrógeno para el caso ensayo No. 3 realizado con la técnica de compostaje reportó la relación menos favorable. Para este mismo ensayo ahora desarrollado mediante la técnica de vermicompostaje se reportó una diferencia significativa entre la vermicomposta con y sin licuado.

A partir de estos resultados se concluye que para este ensayo se logró una relación C/N más próxima a lo establecido por la Norma con la técnica de vermicompostaje por lo que, con esta técnica se logró mejorar la relación final C/N como se pretendió al ser desarrollado nuevamente.

En el caso del ensayo No. 4 en la técnica de compostaje éste reportó la mejor relación de los ensayos desarrollados con esta técnica. Al ser desarrollado con la técnica de vermicompostaje y al colocarle el licuado el resultado de la relación C/N reportó un valor muy arriba a lo establecido por la Norma por otra parte, la relación C/N en la vermicomposta sin licuado mantuvo un valor similar al obtenido en el compostaje como se puede observar en el gráfico siguiente.

De acuerdo a estos resultados para este caso, la técnica de vermicompostaje únicamente favoreció la relación C/N final en la vermicomposta a la que no se le colocó el licuado.

**Gráfico No.5**  
**Comparación de resultados de compostaje y vermicompostaje: Relación C/N.**



**Fuente:** Elaboración propia con base en los resultados obtenidos por el ICAMEX.

La relación C/N reportada en el ensayo No.7 desarrollado mediante el compostaje también fue una de las mejores relaciones obtenidas con esta técnica. Al ser desarrollado este ensayo con la técnica del vermicompostaje la relación se reporta similar; la vermicomposta con y sin licuado no presenta diferencias significativas en los valores finales obtenidos.

### **Materia Orgánica**

Retomando los resultados obtenidos en el compostaje se observa en la gráfica siguiente que ninguno de los 3 ensayos realizados alcanzó el porcentaje mínimo de materia orgánica establecido por la Norma.

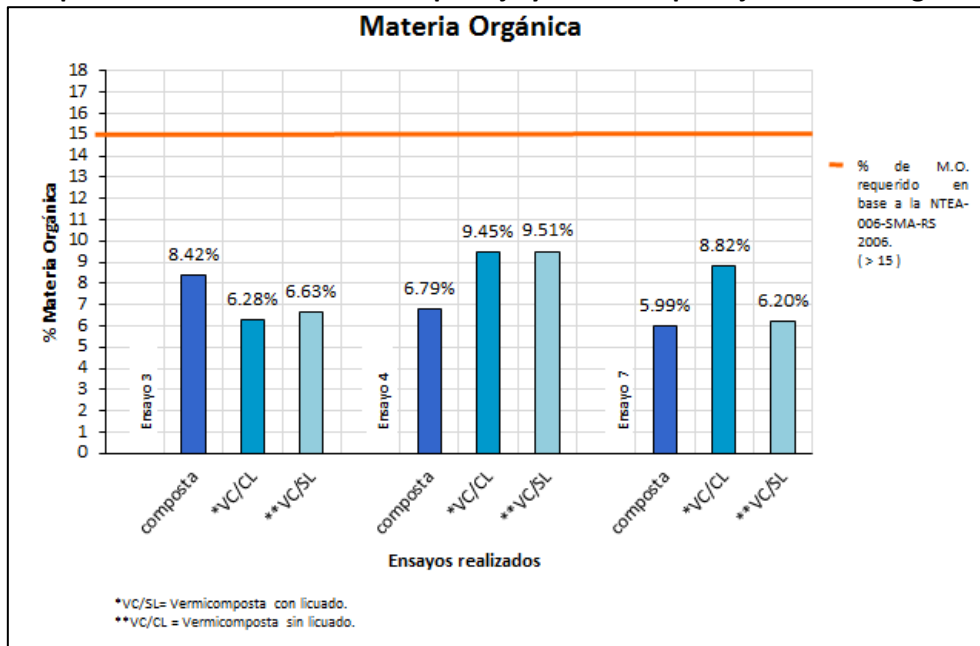
El porcentaje de este elemento obtenido en la técnica de compostaje para el ensayo No. 3 fue de 8.42 %, al ser ejecutado mediante la técnica de vermicompostaje con y sin licuado el resultado de este porcentaje no logro mejorarse. El porcentaje que reportó el ensayo No. 4 en el compostaje fue de 6.79 % y al aplicar la técnica de vermicompostaje este porcentaje aumentó de manera considerable por lo tanto, en este caso la segunda técnica resultó ser más favorable.

En el ensayo No.7 el porcentaje de materia orgánica que se obtuvo en el compostaje fue de 5.99 % y en el vermicompostaje con y sin licuado se reportó una mejoría en este parámetro.



Gráfico No.6

Comparación de resultados de compostaje y vermicompostaje: Materia Orgánica.



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos por el ICAMEX.

Partiendo de estos resultados, se puede observar que ninguno de los ensayos realizados con ambas técnicas alcanzó lo establecido en la Norma. Sin embargo, es importante mencionar que los ensayos No. 4 y No. 7 desarrollados en el vermicompostaje lograron mejorar el porcentaje de materia orgánica; se incrementaron sus valores finales, donde el ensayo No. 4 es el que sigue reportando los porcentajes más altos.

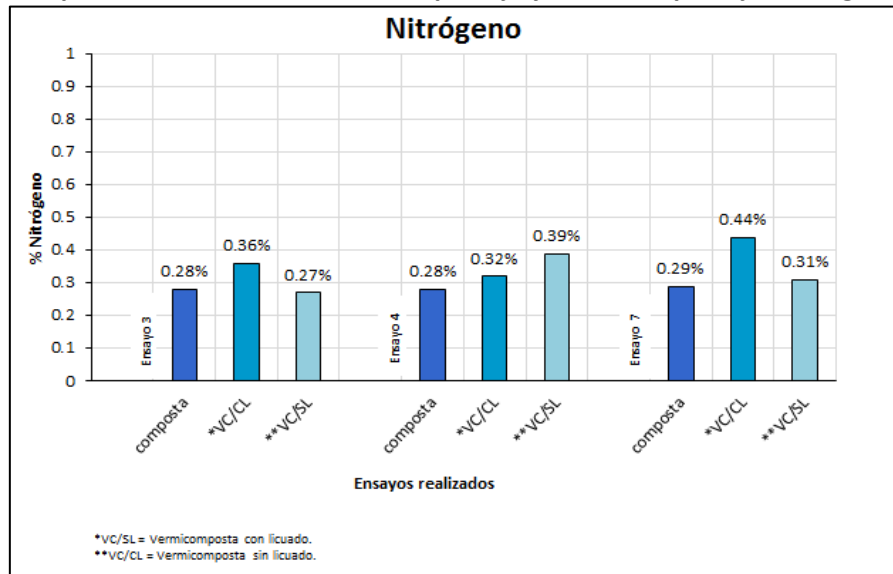
## MACRONUTRIENTES

### Nitrógeno

El porcentaje de este elemento incrementó con la ejecución del vermicompostaje, ya que los resultados que se obtuvieron al finalizar la técnica del compostaje se encuentran entre el 0.28 y 0.29% como se muestra en el gráfico siguiente.

El vermicompostaje logró incrementar considerablemente dicho porcentaje, principalmente en las vermicompostas con licuado, siendo el ensayo No.7 el que contiene el porcentaje más alto (0.44%). Para el caso de las vermicompostas sin licuado el porcentaje de nitrógeno también se vio favorecido en los ensayos No. 4 y No.7 y en el ensayo No. 3 no hubo un incremento.

**Gráfico No.7**  
**Comparación de resultados de compostaje y vermicompostaje: Nitrógeno.**

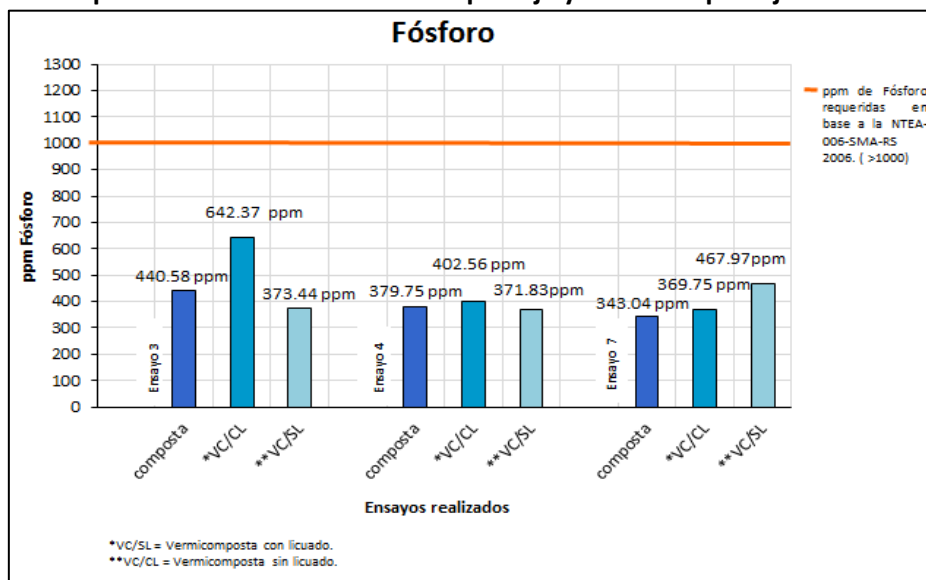


Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos por el ICAMEX.

### Fósforo

En el caso de este elemento los resultados de los ensayos realizados con ambas técnicas no cumplen con las 1000 ppm que establece la Norma, donde los resultados del compostaje no alcanzan si quiera la mitad de este parámetro, en el caso del vermicompostaje, las camas a las que se les colocó el licuado reportaron un incremento en el contenido de fósforo; siendo más representativo en el caso del ensayo No. 3 donde se alcanzan 642.37 ppm como se muestra en la gráfica siguiente.

**Gráfico No.8**  
**Comparación de resultados de compostaje y vermicompostaje: Fósforo.**



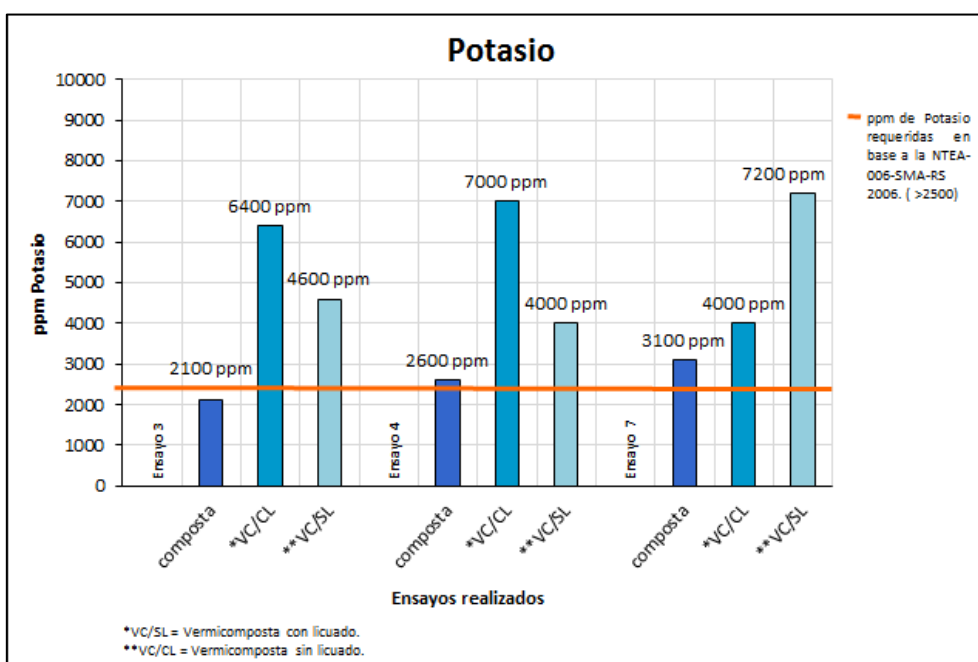
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos por el ICAMEX.

Para el caso de las camas de vermicompostaje a las que no se les colocó el licuado el incremento únicamente se logró en el ensayo No.7, en los ensayos No. 3 y No. 4 las cantidades de fósforo están por debajo a lo obtenido en el compostaje.

### Potasio

Los resultados obtenidos de este elemento en los ensayos No. 4 y No. 7 realizados con la técnica del compostaje cumplen con lo establecido por la Norma y el ensayo No. 3 se encuentra próximo a alcanzar el parámetro. Al desarrollarse los mismos ensayos con el vermicompostaje los resultados finales muestran un incremento respecto a lo obtenido en el compostaje; este incremento reportado por los 3 ensayos excede significativamente el parámetro establecido por la Norma como se muestra a continuación.

**Gráfico No.9**  
**Comparación de resultados de compostaje y vermicompostaje: Potasio.**



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos por el ICAMEX.

Por lo tanto, se puede decir que al desarrollar la técnica de vermicompostaje se logró el objetivo de mejorar los resultados obtenidos en el compostaje, siendo este el único caso donde los resultados rebasaron el parámetro establecido por la Norma.



Los 92 kg. de composta que se obtuvieron como resultado del aprovechamiento de los residuos de jardinería y cafetería de la FaPUR pueden ser vendidos como abono orgánico a un precio accesible.

El producto principal que se obtuvo al emplear la lombriz *eisenia foetida* como agente desintegrador de los residuos orgánicos es la vermicomposta o humus de lombriz, considerando que es un abono con altas cantidades de macronutrientes el precio al que se vende es un poco mayor que el de la composta, por otra parte el producto secundario (pie de cría) se vende por kilogramo para quienes estén interesados en desarrollar la técnica de vermicompostaje.

#### 4.5 CONCLUSIONES

Con base al trabajo realizado, se comprobó que tanto la técnica de compostaje como vermicompostaje tienen un impacto positivo al darle aprovechamiento a los residuos orgánicos que se generan en la Facultad de Planeación Urbana y Regional. Estas ventajas que nos brindan ambas técnicas se pueden dividir en 3 esferas: ambiental, social y económica como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro No.9**  
**Ventajas del compostaje y vermicompostaje.**

AMBIENTALES	SOCIALES	ECONOMICAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reducción de la cantidad de residuos sólidos urbanos destinados a vertedero e incineración, evitando así problemas de contaminación de suelos por lixiviados orgánicos y emisiones provenientes de la descomposición en vertederos y la quema en incineradoras.</li> <li>•Al darles aprovechamiento a los residuos orgánicos con estas técnicas se contribuirá a que los demás residuos sólidos (inorgánicos) dirigidos a su disposición final puedan ser clasificados con mayor facilidad (papel, vidrio, plástico) y puedan recibir un proceso de reciclaje.</li> <li>•El producto (humus) de este proceso favorece la productividad de la tierra sin contaminarla con químicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•El vermicompostaje y compostaje son una gran herramienta de educación ambiental y participación social.</li> <li>•Ambas técnicas suponen una vía interesante de educación y concienciación ambiental, ya que permiten visualizar la responsabilidad individual sobre los residuos y permite participar en la solución de una problemática importante.</li> <li>•Se ha demostrado que son una herramienta que fomenta la participación ciudadana, a través de experiencias comunitarias que favorecen las relaciones sociales, resaltando valores de responsabilidad, respeto y trabajo en equipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar estas técnicas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos, el Municipio supone un importante ahorro económico (derivado del transporte y gestión diaria de los residuos orgánicos).</li> <li>•Al desarrollar estas técnicas se obtiene un producto natural que puede ser comercializado (humus).</li> </ul>



dañinos para los ecosistemas que acaban incorporándose a nuestra cadena alimentaria. Se trata de un fertilizante natural, corrector de la estructura del suelo, protector contra la erosión y sustrato de cultivo.

- Cierre del ciclo de la materia orgánica, es decir; los residuos orgánicos serán devueltos a su lugar de origen: suelo.

Estas ventajas descritas son los beneficios generales que podemos obtener con la ejecución de cualquiera de las dos técnicas sin embargo, al ser desarrolladas y en base a los resultados obtenidos en este trabajo, concluimos que existen diferencias significativas entre ambas técnicas por lo que, el vermicompostaje nos brinda beneficios adicionales como a continuación se muestran.

**Cuadro No.10**  
**Comparación: compostaje y vermicompostaje.**

	Vermicompostaje	Compostaje
<b>Aprovechamiento de los residuos orgánicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Los residuos que se generan en la FaPUR pudieron ser aprovechados de manera eficaz sin presentar inconvenientes, tanto los residuos de cafetería como de jardinería pudieron ser incorporados al proceso de degradación.</li> <li>•Los residuos orgánicos bien separados desde su origen se convierten fácilmente en abonos orgánicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Para esta técnica el proceso de fermentación debe cumplirse para asegurarse de la desintegración de los residuos y de esta forma obtener un producto estable.</li> </ul>
<b>Temporalidad</b>	<p>El proceso de ambas técnicas tuvo la misma duración (4 meses) donde se identificaron las fases: Mesófila, Termófila y de Maduración.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•En el vermicompostaje pudimos comprobar que la fase de precomposteo (fermentación y degradación de los residuos) tiene una duración de 2 meses y</li> </ul>	



	<p>al término de este tiempo las lombrices pueden ser colocadas en la cama de vermicompostaje para adaptarse al nuevo sustrato.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Para fines de este trabajo, el término de la etapa de vermicompostaje se registró al cumplir los 4 meses, sin embargo, es importante mencionar que a partir del tercer mes el producto obtenido se encuentra maduro por lo tanto, presenta estabilidad en los parámetros de pH y temperatura, lo que indica que el producto ya puede ser empleado.</li> <li>•Como anteriormente se mencionó, el tiempo para el aprovechamiento de los residuos de cafetería puede reducirse al ser licuados estos residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Para esta técnica es necesario que transcurran 4 meses para poder asegurarse que el proceso ha llegado a su término; debido a que la desintegración de los residuos depende de los microorganismos que se encuentran en el sustrato por ello, el proceso es más lento ya que a comparación del vermicompostaje no existe otros individuos que aceleren el proceso de degradación.</li> </ul>
<p><b>Productos obtenidos</b></p>	<p>Con la ejecución de esta técnica se pueden obtener varios productos, entre los cuales destacan los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Humus sólido.</li> <li>•Humus líquido.</li> <li>•Pie de cría.</li> <li>•Productos para la alimentación animal.</li> <li>•Productos para la alimentación humana.</li> </ul>	<p>Con de esta técnica el producto que se obtiene es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Humus sólido.</li> </ul>
<p><b>Humus</b></p>	<p>Como algunos autores lo mencionan algunas de las propiedades y características del humus obtenido mediante ambas técnicas son las que a continuación se menciona:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•El producto que se obtiene mediante estas técnicas es un producto natural.</li> <li>• Tiene un color oscuro a negro, se encuentra en forma de gránulos con olor a tierra húmeda y es suave al tacto.</li> <li>•Posee un gran contenido de microorganismos que evita su fermentación o putrefacción.</li> <li>•El humus aumenta la cantidad de materia orgánica del suelo.</li> <li>•Al aplicar humus hay un aumento de la capacidad de retención hídrica del suelo.</li> <li>•El humus ayuda a reducir la erosión de la tierra.</li> <li>•Aumenta la capacidad de aireación del suelo.</li> <li>•Aumenta la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de forma equilibrada; dicho de otra manera, conforme la planta lo va requiriendo.</li> </ul> <p>Las propiedades y características del humus de lombriz (vermicomposta) son las siguientes:</p>	<p>Las propiedades y características del humus (composta) son las siguientes:</p>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tiene pH neutro y una equilibrada relación de carbono-nitrógeno, lo que hace que no tenga efectos de sobredosificación, y permite aplicarlo en la raíz de la planta o en la semilla y facilitando la germinación.</li> <li>•El humus de lombriz tiene efecto fitopatogénico: protege la raíz de las plantas y aumenta el rendimiento de las cosechas.</li> <li>•Es un producto rico en flora microbiana que aportan las lombrices. Gracias a esa flora se aumenta la capacidad biológica del suelo y su capacidad de producción vegetal.</li> <li>•Composición alta de macro y micronutriente para el perfecto soporte al desarrollo de las plantas.</li> <li>•La aplicación del humus de lombriz mejora la retención de carbono en los suelos.</li> <li>•Posee un mayor contenido de ácidos húmicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tiene pH neutro y una equilibrada relación de carbono-nitrógeno, lo que hace que no tenga efectos de sobredosificación, permite aplicarlo en la raíz de la planta o en la semilla y facilitando la germinación.</li> <li>•Al colocar este humus hay incorporación de materia viva a los suelos (microorganismos).</li> <li>•Composición alta de macro y micronutriente para el perfecto soporte al desarrollo de las plantas.</li> </ul>
<p><b>Implementación de la técnica</b></p>	<p>La importancia de estas técnicas es que se pueden realizar tanto en el interior como en el exterior (terrazas y jardines) y no requieren de una infraestructura sofisticada ni de materiales costosos, se puede emplear el material que se tenga disponible para establecimiento de camas como cajas de madera, de plástico, botes o hasta la reutilización de llantas de automóvil.</p>	

Partiendo de todo el trabajo realizado y de los resultados obtenidos se concluye que la hipótesis planteada al inicio del proyecto se aprueba, ya que la técnica de vermicompostaje es eficiente. Así mismo, se cumplió con el objetivo planteado ya que el vermicompostaje permite aprovechar los residuos orgánicos generados en la Facultad de Planeación Urbana y Regional.





#### 4.6 RECOMENDACIONES

El desarrollar este trabajo nos permitió adquirir conocimientos específicos sobre las técnicas de compostaje y vermicompostaje, de tal manera que los fundamentos teóricos que fueron retomados ayudaron a una correcta ejecución del proyecto así como, para la definición de una propia metodología que se adaptó al tipo de residuos generados en la FaPUR, ya que la mayoría de los autores enfocan sus trabajos en la utilización de otros residuos orgánicos como el estiércol.

Es importante mencionar que la práctica te permite comprobar si los fundamentos teóricos se cumplen; qué tan certeros o imperfectos pueden ser, por lo que la experimentación permitió comprobar lo planteado por los autores ya que la mayoría establecen un rango en los parámetros requeridos (temperatura, humedad, pH), sin embargo, se evidenció que puede haber variaciones en los rangos de cada uno de los parámetros, por ejemplo en el caso de la temperatura la variabilidad depende del lugar y las condiciones climáticas donde se haya establecido el proyecto.

A lo largo del desarrollo del proyecto así como hubo éxito también se presentaron algunos puntos desfavorables en lo técnico, lo cual permite dar las siguientes recomendaciones para la mejora de un proyecto de vermicompostaje:

**Cuadro No.11**  
**Recomendaciones: vermicompostaje.**

VERMICOMPOSTAJE			
Problema	Causa	Observación	Solución/Recomendación
<p><b>Humedad excesiva (inundación de las camas).</b></p>	<p>•Interferencias climatológicas.</p>	<p>•Durante el desarrollo de esta técnica se tuvo cuidado de mantener la humedad adecuada para cada una de las camas establecidas, la mayor parte del tiempo se mantuvo en los porcentajes necesarios, sin embargo se presentaron días de lluvias intensas que causaron que las camas llegaran a inundarse situación que puede provocar distintos inconvenientes como: malos olores, presencias de mosquitos y la muerte inmediata de lombrices.</p>	<p>•Si el material que se empleó para establecimiento de las camas de vermicompostaje no cuenta con una tapa para cubrir completamente el sustrato se recomienda colocar una tabla que cubra en su totalidad la cama y encima colocar un plástico para evitar que el agua se infiltre en la cama.</p>



<p><b>Altas temperaturas por Insolación de las camas.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Este inconveniente no se presentó durante el desarrollo, sin embargo, si las camas presentan insolación, las lombrices pueden sofocarse y morir,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•En ambos casos, para evitar la insolación y la humedad excesiva, recomienda establecer las camas en un lugar adecuado, como lo es debajo de un techo, terraza, un espacio donde no se presenten cambios drásticos de temperatura o debajo de un árbol.</li> </ul>
<p><b>Descomposición lenta de los residuos orgánicos.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tamaño del residuo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Es importante saber que si el tamaño de los residuos es muy grande, su descomposición será muy lenta.</li> <li>•En algunos casos de acuerdo a la estructura del residuo algunas veces éste no logra descomponerse en su totalidad, tal fue el caso de los restos de las ramas de árboles, las cáscaras de huevo, de aguacate y cascaras de tomate que tardaron mayor tiempo en degradarse y que finalizar el proceso aún eran perceptible en el sustrato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Se recomienda cortar con un material filoso en trozos más pequeños todos los residuos que se emplearán en el vermicompostaje.</li> </ul>
<p><b>Sustrato seco y compacto</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Falta de humedad.</li> <li>•Evaporación del agua por altas temperaturas.</li> <li>•Exceso de residuos café (ramas, hojas secas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Se observó que las camas deben tener la cantidad suficiente de agua para mantenerse húmedas y las lombrices puedan sobrevivir, de lo contrario el sustrato puede secarse y presentar gránulos de consistencia dura.</li> <li>•Si en la relación de residuos orgánicos predominan los residuos café el sustrato tendrá muy poca humedad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Regar con agua de manera uniforme hasta humedecer toda la cama y realizar el volteo para que pueda llegar la humedad al fondo.</li> <li>•Añadir restos verdes (restos de frutas y verduras) que aporten humedad al sustrato.</li> </ul>
<p><b>Presencia de moscas y mosquitos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Humedad excesiva.</li> <li>•Cama descubierta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Al agregar agua en exceso o al inundarse las camas por la lluvia, el agua queda estancada provocando la presencia y acumulación de mosquitos.</li> <li>•La presencia de moscas puede derivarse del mal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Para evitarlas se deben colocar bien todos los residuos para que se descompongan más rápidamente y se dificulte el acceso de las propias moscas, así como los residuos café como última capa.</li> </ul>



		<p>manejo de los residuos, es decir, que se dejen enteros y al descubierto. A lo largo del proceso no se observó la presencia de estas, ya que los residuos fueron correctamente colocados.</p>	
<p><b>Olores desagradables</b></p>	<p>•Exceso de agua.</p> <p>•Falta de oxígeno.</p>	<p>•En algunas ocasiones se identificó que el exceso también puede provocar olores desagradables en las camas.</p> <p>•Si el sustrato de las camas no se voltea constantemente pueden llegar a presentarse malos olores.</p>	<p>•Cubrir perfectamente las camas para evitar la infiltración del agua.</p> <p>•Es sumamente importante realizar periódicamente los volteos al sustrato con la finalidad de brindar oxígeno a la cama.</p>
<p><b>Sustrato húmedo</b></p>	<p>•Excesiva agua.</p> <p>• Demasiados residuos verdes.</p>	<p>Al agregar agua al sustrato en cantidad excesiva se provoca que la humedad exceda los límites requeridos para la supervivencia de las lombrices.</p> <p>•Si hay exceso de residuos verdes el parámetro de humedad será mayor al requerido.</p>	<p>Voltear constantemente favoreciendo la aireación hasta lograr que la humedad se estabilice.</p> <p>•Se recomienda añadir residuos cafés (hojas secas) para equilibrar la humedad.</p>
<p><b>Mala preparación del licuado</b></p>	<p>•Exceso de agua.</p> <p>•Residuos sin licuarse completamente.</p>	<p>•Si al licuar los residuos se agrega agua en exceso el licuado obtenido puede presentar una consistencia demasiado líquida y al colocarse en la cama este puede incrementar el parámetro de humedad requerido.</p> <p>•Si los residuos no se licuan perfectamente las lombrices no podrán alimentarse debido a que no podrán ingerir los trozos grandes.</p>	<p>•Se recomienda colocar la cantidad de agua necesaria a la hora de licuar los residuos para que la consistencia del licuado sea espesa.</p> <p>•Los residuos se deben licuar perfectamente para que sirva como alimento de las lombrices.</p>

Se recomienda que éste trabajo sea tomado en cuenta no sólo para fines de investigación teórica, sino como un modelo base a seguir para la realización de proyectos que tengan como objetivo aprovechar los residuos orgánicos y que busquen la mejora del medio ambiente.



Se recomienda también a las autoridades de la Institución hacer hincapié en la comunidad estudiantil sobre la búsqueda y desarrollo de alternativas que sean favorables y se pueda contribuir de manera conjunta a la disminución de los impactos ambientales.

Si se implementa el aprovechamiento de los residuos orgánicos que se generan en la FaPUR mediante la técnica del vermicompostaje de manera permanente, el producto obtenido (humus de lombriz) puede emplearse para el mantenimiento de las áreas verdes de la misma facultad y en un determinado tiempo podría emplearse en otras facultades. Como ya se comprobó, al desarrollar esta técnica también se pueden obtener otros productos como el pie de cría el cual puede comercializarse, generando con ello un ingreso económico para la facultad o bien, podría emplearse en el desarrollo de otros proyectos de la Universidad, y si este proyecto se ejecutará a gran escala; es decir, a nivel Universidad ésta tendría una gran relevancia como Institución.

Por último, tomando en cuenta las nuevas modificaciones a la Reforma Hacendaria aprobadas en el 2013 se aceptó el gravamen a los fertilizantes, insecticidas, herbicidas y plaguicidas; argumentando disminuir con ello las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que son causantes del deterioro ambiental.

Estas modificaciones traen consigo dos implicaciones distintas; por un lado, el sector agrícola discute se verá perjudicado con ésta aprobación y por otro parte, los especialistas en la protección del medio ambiente sustentan que ésta aprobación será benéfica para el cuidado del ambiente ya que en efecto se logrará disminuir el uso de estos productos en el campo mexicano.

Sin embargo, concluimos que el gravamen al uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas y plaguicidas puede ser una oportunidad para estimular el uso de abonos orgánicos como lo es la vermicomposta; siendo ésta un abono más económico, con altas cantidades de micronutrientes y sobretodo no tiene efectos negativos en el ambiente.



# ANEXOS.

## Anexo No.1

Registro de parámetros en cada volteo durante el compostaje.

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
0	1	1	23	5
		2	24	5
		3	23	4
2	2	1	60	6
		2	61.5	6
		3	62	6
3	3	1	58	4
		2	57.5	5
		3	57	5
4	4	1	27	5
		2	27	5
		3	26.5	6
5	5	1	55	4
		2	57	4
		3	57.5	5
6	6	1	26	5
		2	23	4
		3	25	5
7	7	1	64	5
		2	63.5	4
		3	64	5

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
22	1	1	23	5
		2	22	4
		3	22.5	5
2	2	1	33.5	5
		2	34	4
		3	34	4
3	3	1	35	5
		2	34.5	6
		3	33	5
4	4	1	25	5
		2	24	5
		3	25.5	5
5	5	1	28	5
		2	27	5
		3	27	4
6	6	1	25	5
		2	23	4
		3	23	5
7	7	1	35.5	6
		2	35	5
		3	34	6

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
37	1	1	22	6
		2	22.5	6
		3	23	5
2	2	1	32	5
		2	30	6
		3	30.5	6
3	3	1	29	6
		2	30	5
		3	32.5	5
4	4	1	23	6
		2	24.5	5
		3	21	6
5	5	1	26	4
		2	24	5
		3	25.5	5
6	6	1	24	6
		2	24.5	5
		3	21	6
7	7	1	29	5
		2	28.5	5
		3	30	6

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
52	1	1	23	6
		2	22	5
		3	21.5	5
2	2	1	27.5	5
		2	29.5	6
		3	28.5	5
3	3	1	28	7
		2	27	6
		3	28	6
4	4	1	21	6
		2	20.5	5
		3	20	5
5	5	1	24	6
		2	23	6
		3	23.5	5
6	6	1	22	5
		2	21.5	6
		3	20	6
7	7	1	27.5	6
		2	27	6
		3	27	6



Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
67	1	1	21	6
		2	20.5	7
		3	21	6
	2	1	26	6
		2	26.5	6
		3	27	5
	3	1	26	6
		2	26.5	7
		3	26	6
	4	1	21	7
		2	20	6
		3	20	6
	5	1	23	6
		2	23	6
		3	23.5	7
	6	1	22	6
		2	20	7
		3	20.5	6
	7	1	25	6
		2	24.5	7
		3	25	7

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
82	1	1	20	7
		2	20.5	8
		3	20	7
	2	1	25	6
		2	24	7
		3	24.5	6
	3	1	24.5	7
		2	25.5	7
		3	25	7
	4	1	20.5	7
		2	20	7
		3	20	7
	5	1	22	7
		2	21.5	7
		3	21	8
	6	1	20.5	6
		2	21	7
		3	20	7
	7	1	23.5	6
		2	24	7
		3	23.5	8

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
97	1	1	21	7
		2	20.5	8
		3	21	7
	2	1	24	7
		2	25	8
		3	24.5	6
	3	1	24	7
		2	24	7
		3	23.5	7
	4	1	22	7
		2	22	8
		3	21.5	7
	5	1	23	7
		2	23	7
		3	22.5	8
	6	1	22	7
		2	21.5	8
		3	22	7
	7	1	23.5	7
		2	23	8
		3	23.5	8

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
112	1	1	22.5	7
		2	22	8
		3	22	7
	2	1	22	7
		2	23	8
		3	23.5	6
	3	1	23	7
		2	22.5	7
		3	23	7
	4	1	21.5	7
		2	22	8
		3	22	7
	5	1	23	7
		2	23	7
		3	22.5	8
	6	1	23.5	7
		2	23	7
		3	23.5	8
	7	1	23	7
		2	23	8
		3	23	8



Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
122	1	1	22	7
		2	22	7
		3	22	7
	2	1	22	7
		2	22.5	7
		3	22.5	7
	3	1	23	7
		2	23	7
		3	23	7
	4	1	22	7
		2	22	7
		3	22.5	7
	5	1	23	7
		2	22.5	7
		3	23	7
	6	1	23	7
		2	23	7
		3	23	7
	7	1	23	7
		2	22	7
		3	22	7



#### Anexo No.2

#### Cantidad de composta producida por ensayo.

Ensayo	Relación	Repetición	Peso húmedo (kg)	Peso seco (kg)	Producto obtenido (kg)
1	1:0	patrón	4.950	4.000	2.950
		1	4.800	3.950	3.300
		2	5.100	4.050	3.250
2	0:1	patrón	4.700	3.850	3.300
		1	4.850	4.000	3.550
		2	4.200	3.700	3.100
3	1:1	patrón	6.350	4.800	3.800
		1	6.500	5.000	4.150
		2	6.000	5.050	4.550
4	2:1	patrón	7.450	5.200	4.300
		1	7.100	5.500	4.750
		2	7.250	5.750	4.900
5	1:2	patrón	7.100	5.000	3.900
		1	7.500	5.900	4.250
		2	7.150	5.650	4.100
6	3:1	patrón	8.500	6.800	5.600
		1	8.000	7.000	6.100
		2	8.150	6.250	5.850
7	1:3	patrón	8.350	7.000	5.050
		1	8.550	6.950	5.850
		2	8.200	7.050	6.100
<b>Total</b>			<b>140.750</b>	<b>112.450</b>	<b>92.700</b>



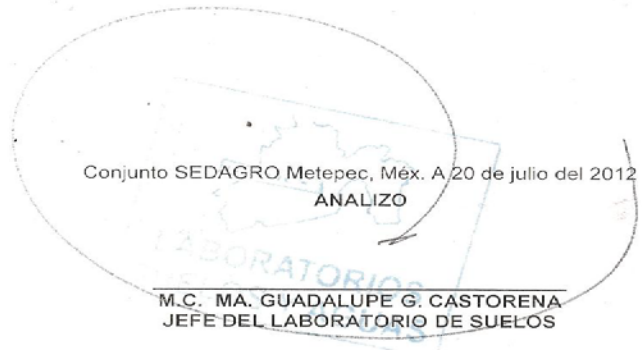
**AnexoNo.3**  
**Resultados del ICAMEX- técnica de compostaje.**

 <p><b>GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO</b></p>	<p><b>LABORATORIO DE SUELOS</b> <b>REPORTE DE RESULTADOS</b></p>	 <p><b>ICAMEX</b> Instituto de Investigación y Evaluación Agropecuaria y Acuícola y Forestal del Estado de México</p>								
<p><b>NOMBRE DEL SOLICITANTE</b>      <u>Srita. Eva Maria Serrano Reyes</u></p> <p><b>INSTITUCION O PROGRAMA</b>    <u>Fa. de Planeación Urbana y Regional UAEM</u></p> <p><b>PROCEDENCIA</b>                    <u>Toluca</u></p> <p><b>MUNICIPIO</b>                        <u>Toluca</u></p>										
<b>NUMERO DE MUESTRA</b>	<b>IDENTIFICACION</b>	<b>pH</b>	<b>MATERIA ORGANICA</b> Fácilmente Oxidable %	<b>NITROGENO</b> %	<b>RELACION</b> Carbono / Nitrógeno	<b>FOSFORO</b> ppm	<b>POTASIO</b> ppm	<b>SODIO</b> ppm	<b>CALCIO</b> ppm	<b>MAGNESIO</b> ppm
595	M-1	N.A.	5.13	0.16	17.16	430.95	1800	300	N.A	N.A
596	M-2	N.A.	2.92	0.16	9.87	500.26	1900	400	N.A	N.A
597	M-3	N.A.	8.42	0.28	16.03	440.58	2100	400	N.A	N.A
598	M-4	N.A.	6.79	0.28	13.16	379.75	2600	600	N.A	N.A
599	M-5	N.A.	9.20	0.32	15.57	136.45	2200	400	N.A	N.A
600	M-6	N.A.	8.91	0.26	18.32	342.18	2600	500	N.A	N.A
601	M-7	N.A.	5.99	0.29	10.97	343.04	3100	800	N.A	N.A

Limites Permitidos para Mejoradores Orgánicos de acuerdo a la NTEA-006-SMA-RS-2006

pH	6.5 - 8.0
M. Orgánica	> 15
Nitrógeno	Relación C/N menor de 12
Fósforo	>1000
Potasio	>2500
Sodio	Relación K/Na mayor de 2.5
Coliformes fecales	<1000



Conjunto SEDAGRO Metepec, Méx. A 20 de julio del 2012

**ANALIZO**

**M.C. MA. GUADALUPE G. CASTORENA**  
**JEFE DEL LABORATORIO DE SUELOS**

*"ESTE INFORME NO PODRA SER REPRODUCIDO SIN AUTORIZACION PREVIA DEL LABORATORIO"*

**Anexo No.4**  
**Registro de parámetros en cada volteo durante el vermicompostaje.**

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
0	3	1	23	5
		2	22.5	6
		3	23	5
	4	1	23.5	5
		2	23	4
		3	23	5
	7	1	23.5	5
		2	24	4
		3	24	4

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
22	3	1	50	5
		2	51	5
		3	50.5	4
	4	1	47.5	5
		2	48	6
		3	47.5	6
	7	1	55	4
		2	54	5
		3	54.5	5

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
29	3	1	51	6
		2	50.5	5
		3	50	5
	4	1	48	5
		2	47	5
		3	47.5	5
	7	1	52.5	5
		2	52	6
		3	53	5

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
36	3	1	45	6
		2	45.5	6
		3	44	5
	4	1	42	6
		2	42.5	5
		3	42	5
	7	1	47	6
		2	46	5
		3	46	6

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
43	3	1	40	6
		2	39.5	7
		3	40	6
	4	1	39	6
		2	38.5	6
		3	38	6
	7	1	40.5	6
		2	41	7
		3	40	6

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
50	3	1	34	6
		2	33.5	6
		3	33	7
	4	1	34	7
		2	33.5	7
		3	33.5	6
	7	1	35	7
		2	34	7
		3	35.5	8

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
57	3	1	26.5	7
		2	25	7
		3	26.5	6
	4	1	27	7
		2	26.5	7
		3	26	8
	7	1	25	7
		2	27	8
		3	27	8

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
62	3	1	24.5	7
		2	24	7
		3	24	7
	4	1	24	7
		2	24	7
		3	24	7
	7	1	24.5	7
		2	24.5	7
		3	24.5	7

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
64	3	1	23	7
		2	23.5	7
		3	23	6
	4	1	23	6
		2	23	7
		3	23	7
	7	1	24	7
		2	25	7
		3	25	7

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
71	3	1	23.5	5
		2	23.5	7
		3	23	6
	4	1	23	6
		2	23.5	6
		3	23.5	6
	7	1	24	5
		2	25	7
		3	25	7

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
78	3	1	24	5
		2	23.5	6
		3	23.5	6
	4	1	23.5	6
		2	24.5	7
		3	24.5	6
	7	1	24.5	6
		2	24.5	7
		3	24.5	7

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
85	3	1	23.5	6
		2	24	7
		3	24	5
	4	1	24	5
		2	24	7
		3	24	7
	7	1	25	6
		2	25	7
		3	25	7

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
92	3	1	25	6
		2	24	7
		3	25	6
	4	1	25	6
		2	24.5	7
		3	24.5	7
	7	1	24.5	7
		2	24	7
		3	24	7




Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
99	3	1	24.5	5
		2	24	7
		3	24.5	6
	4	1	24.5	6
		2	24	7
		3	24	7
	7	1	25	6
		2	24	7
		3	24	7

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
106	3	1	23.5	6
		2	24	7
		3	23	6
	4	1	23	6
		2	24	6
		3	24	6
	7	1	24	7
		2	24	7
		3	23	7

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
113	3	1	23	6
		2	23.5	7
		3	23.5	7
	4	1	23.5	7
		2	23	7
		3	23	7
	7	1	24	7
		2	23.5	7
		3	23.5	7

Tiempo (días)	Ensayo	Repetición	Temperatura	pH
120	3	1	23.5	7
		2	24	7
		3	24	7
	4	1	24	7
		2	24.5	7
		3	24.5	7
	7	1	24	7
		2	24	7
		3	24	7

**Anexo No.5**  
**Resultados del ICAMEX- técnica de vermicompostaje.**

 <p><b>GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO</b></p>	 <p><b>ESTADO DE MÉXICO</b></p>	 <p><b>ICAMEX</b>          Instituto de Investigación y          Capacitación Agropecuaria,          Acuicola y Forestal del Estado de México</p>
<b>LABORATORIO DE SUELOS</b>		
<b>REPORTE DE RESULTADOS</b>		
<b>NOMBRE DEL SOLICITANTE</b>	<u>C. Eva Serrano Reyes</u>	
<b>INSTITUCION O PROGRAMA</b>	<u>Facultad de Planeación Urbana y Regional UAEM</u>	
<b>PROCEDENCIA</b>	<u>Toluca</u>	
<b>MUNICIPIO</b>	<u>Toluca</u>	


NUMERO DE MUESTRA	IDENTIFICACION	pH	MATERIA ORGANICA Fácilmente Oxidable %	NITROGENO %	RELACION Carbono / Nitrógeno	FOSFORO ppm	POTASIO ppm	SODIO ppm
627	3.1	N.A.	6.28	0.36	9.33	642.37	6400	No Analizado
628	3.2	N.A.	6.63	0.27	13.13	373.44	4600	No Analizado
629	4.1	N.A.	9.45	0.32	15.80	402.56	7000	No Analizado
630	4.2	N.A.	9.51	0.39	13.04	371.83	4000	No Analizado
631	7.1	N.A.	8.82	0.44	10.72	369.75	7200	No Analizado
632	7.2	N.A.	6.20	0.31	10.69	467.97	2800	No Analizado

Limites Permitidos para Mejoradores Orgánicos de acuerdo a la NTEA-006-SMA-RS-2006

pH	6.5 - 8.0
M. Orgánica	> 15
Nitrógeno	Relación C/N menor de 12
Fósforo	>1000
Potasio	>2500
Sodio	Relación K/Na mayor de 2.5
Coliformes fecales	<1000



Conjunto SEDAGRO Metepec Méx. A 26 de junio del 2013

**M.C. MA. GUADALUPE G. CASTORENA**  
**JEFE DEL LABORATORIO DE SUELOS**

**"ESTE INFORME NO PODRA SER REPRODUCIDO SIN AUTORIZACION PREVIA DEL LABORATORIO"**



## REFERENCIAS.

---

- Aguirre, B., Macias, B., y Andrade, E. (s/f). Lombricultura como alternativa para el aprovechamiento de desechos orgánicos. UAM Agronomía y Ciencias-UAT. Cd. Victoria, Tam.
- Altamirano, Q. y Aparicio, R. (2002). Efecto de la lombricomposta como sustrato alterno en la germinación y crecimiento inicial de *Pinusoaxacanamirov*. Y *Pinusredusendl*. México: *FORESTA MEXICANA*, vol.4 (1):35-40.
- Álvarez, R., Rodríguez, A., Sierra, P. y Vázquez, G. (1998). Lombrices de tierra con valor comercial.
- Ancona, M., Pech, M. y Flores, N. (2006). Perfil del mercado de la vermicomposta como abono para jardín en la ciudad de Mérida, Yucatán, México. México: *Revista mexicana de Agronegocios*, vol. 10 (19):1-15.
- Asociación "Amigos de la Tierra"(s/f). Ventajas del compostaje. Madrid, España.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988.



- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2006). Ley de Productos Orgánicos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de febrero de 2006.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2008). NMX-FF-109-SCFI-2007. *Humus de lombriz* (Lombricomposta) – Especificaciones y Métodos de prueba.
- Cámara de Diputados del H. Congreso del Estado de México (2005). Código para la Biodiversidad del Estado de México.
- Cámara de Diputados del H. Congreso del Estado de México (2009). NTEA-006-SMA-RS-2006. Requisitos para la producción de mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos
- Campos, M., Velázquez, R. y Gómez, H. (2011). Predicción y comparación de transferencia de nutrientes de dos tipos de vermicomposteo de lodos residuales a suelos forestales. *QUIVERA*, vol.13 (1):1-15.
- Capistrán, F., Aranda, E. y Romero, J. (1999). Manual de Reciclaje y Lombricompostaje. México: Instituto de Ecología.
- CECYTECH (2008). Manual de Lombricultura. Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chiapas, México.



- Cruz, C., Torres, L., Alfaro, C., Albores, G. y Murguía, G. (2008). Lombricompostas y apertura de la espata en poscosecha del Alcatraz "Green Goddess" (*Zantedeschia aethiopica* (L.) K. Spreng) en condiciones tropicales. México: *Revista Chapingo serie Horticultura*, vol.14 (2): 207-212.
- Delgado, A., Porcel, C., Miralles, L., Beltrán, R., Beringola, B. y Martín, S. (2004). Efecto de la vermicultura en la descomposición de residuos orgánicos. España: *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol.20 (2): 83-86.
- Domínguez, J. y Gómez, B. (2010). Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. México: *Acta Zoológica Mexicana*, (2): 308-319.
- Ferruzzi, C. (1994). *Manual de lombricultura*. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Gómez, B., Lazcano, C., Lores, M. y Domínguez, J. (2010). Papel de las lombrices de tierra en la degradación del bagazo de uva: efectos sobre las características químicas y la microflora en las primeras etapas del proceso. México: *Acta Zoológica Mexicana*, vol.2 (s.n): 396-407.
- Jaramillo, G., y Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. Tesis de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia.
- Kircher, S., López, G. y Berlijn, D. (1997). *Suelos y Fertilización*. México: SEP Trillas.
- Martínez, C. (1996). *Potencial de la lombricultura*. México: Lombricultura Mexicana.



- Martínez, S., Velázquez, R., y Campos, M. (2011). Predicción de la transferencia de nutrientes de lodos vermicomposteados a suelos forestales del Parque Nacional Nevado de Toluca. *QUIVERA*, vol.13 (1): 16-34.
- Morales, M., Fernández, R., Montiel, C. y Peralta, B. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*eisenia foetida*). *BIOtecnia*, vol. 11 (1): 19-26.
- Muñoz, M. (2004). Propuesta de separación de residuos sólidos desde los hogares, en el municipio de Toluca, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEMex.
- Otero, S. (2010). Producción y evaluación de vermicomposta en Hormigueros, Sierra Nanchititla, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEMex.
- Porta, J. (1994). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Quintero, R. (2004). La lombricultura como una alternativa para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Caso de estudio “Barrio de Santiaguito”, Municipio de Texcoco, Estado de México. México. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Instituto Politécnico Nacional.



- Rodríguez, D., Cano, R., Figueroa, V., Palomo, G., Favela, C., Álvarez, R., Márquez, H. y Moreno, R. (2008). Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. México: *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol.31 (3):265-272.
- Rodríguez, D., Cano, R., Figueroa, V., Palomo, G., Favela, C., Paul, A., Márquez, H. y Moreno, R. (2007). Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. México: *Revista Chapingo serie Horticultura*, vol.13 (2), 185-192.
- Rodríguez, F. (1996). Fertilizantes: nutrición vegetal. A.G.T. Editor, S.A., México.
- Rodríguez, Q., Armenta, B., Valenzuela, Q., Camacho, B. y Esparza, L. (2003). Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de lombricomposta con *Eisenia foetida*. *Naturaleza y Desarrollo*, vol. 1 (2): 3-9.
- Ruiz, L. y Oca, C. (2008). Manual para el establecimiento y manejo de instalaciones lombrícolas. México: *Gobierno del Estado de México*.
- SAGARPA (s/f). *Manual de Elaboración de Composta*. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Salazar, S., Fortis, H. y Vázquez, A. (2003). Abonos Orgánicos y Plasticultura. Gómez Palacio, México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*.
- SEMARNAT (2001) Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.





- SEMARNAT (2001). Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera reedición, México.
- SEMARNAT (2005). Generación de residuos sólidos municipales. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_resumen/08\\_residuos/cap8.html#2](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/08_residuos/cap8.html#2)
- SEMARNAT (2012). Informe de la situación del medio ambiente en México. Capítulo 7: Residuos. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/07\\_residuos/cap7\\_1.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/07_residuos/cap7_1.html)
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. y Vigil, S. (1994). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Mc. Graw Hill, vol. I. México.
- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de fitomejoramiento. *Aprovechamiento de residuos orgánicos a través de composteo y lombricomposteo*. Coahuila, México.
- Uribe, L., Arauz, L., Mata, M., Meneses, G. y Castro, L. (2009). Efecto del vermicompostaje sobre las poblaciones de *Colletotrichumacutatum* y *Pectobacteriumcarotovorum* presentes en residuos de plantas. Costa Rica: *Agronomía Costarricense*, vol.33 (1), 91-101.