

20



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

“OBTENCION Y EVALUACION DE  
VERMICOMPOSTA”

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERA AGRICOLA**

P R E S E N T A :

**LAURA MAGDALENO MIRANDA**

ASESOR: O. LAURA BERTHA REYES SANCHEZ

284285



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
 FACULTAD DE ESTUDIOS  
 SUPERIORES CUAUTITLAN  
 ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



UNIVERSIDAD NACIONAL  
 AUTÓNOMA DE  
 MÉXICO

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Obtención y evaluación de vermicomposta"

que presenta la pasante: Laura Magdalena Miranda  
 con número de cuenta: 9138384-4 para obtener el título de :  
Ingeniera Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de septiembre de 2000

- |                  |                                       |  |
|------------------|---------------------------------------|--|
| PRESIDENTE       | <u>Q. Laura Bertha Reyes Sánchez</u>  |  |
| VOCAL            | <u>Ing. Hilda Carina Gómez Villar</u> |  |
| SECRETARIO       | <u>Ing. Raúl Espinoza Sánchez</u>     |  |
| PRIMER SUPLENTE  | <u>Ing. Felipe E. Solís Torres</u>    |  |
| SEGUNDO SUPLENTE | <u>I.Q. Margarita Alonso Espinosa</u> |  |

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme dar un paso más hacia mi superación personal y profesional.

Agradezco a Doña Mica y Don José, mis Padres, por todo su apoyo, paciencia y confianza que me han brindado para conseguir este propósito.

Agradezco a mis hermanas Andrea y Gaby su paciencia; a mi tía Anita, a mis primos Ceci, Beto, Lalo, Tere y Carmen sus favores otorgados a lo largo de todo este tiempo y a Yessica y Belen su espontaneidad y ternura.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y a la Carrera de Ingeniería Agrícola por permitirme ser parte de ellas y por sus múltiples elementos educativos y culturales ofrecidos en este tiempo.

Agradezco a todos mis Maestros por su tiempo y conocimientos otorgados y a los compañeros de la décimo novena generación por ser como son.

Agradezco a Fundación UNAM por el apoyo otorgado para la realización de esta Tesis Profesional.

## ÍNDICE

i	Índice de cuadros	
ii	Índice de figuras	
1.	Introducción.	9
2.	Objetivos e hipótesis.	11
3.	Revisión bibliográfica.	12
3.1.	Antecedentes.	12
3.2.	Agricultura orgánica.	14
3.3.	Abonos orgánicos.	15
3.4.	Tipos de abono orgánico.	18
3.4.1.	Abonos de origen vegetal.	18
3.4.2.	Abonos de origen animal.	19
3.4.3.	Abonos de origen mixto.	21
3.5.	Lombricultura y vermicomposteo.	22
3.5.1.	Generalidades.	22
3.5.2.	Biología de la lombriz terrestre.	24
3.5.3.	Requerimientos fisicoquímicos de las lombrices.	26
3.5.4.	Proceso de vermicomposteo.	27
3.5.4.1.	Selección del área de cultivo.	28
3.5.4.2.	Pie de cría.	29
3.5.4.3.	Preparación del sustrato.	29
3.5.4.4.	Trazo y formación de lechos.	31
3.5.4.5.	Incorporación de lombrices.	31
3.5.4.6.	Riego.	32
3.5.4.7.	Alimentación.	32
3.5.4.8.	División y recolección de vermicomposta.	33
3.6.	Propiedades de la vermicomposta.	33
3.6.1.	Propiedades biológicas.	34

3.6.2. Propiedades físicas.	35
3.6.3. Propiedades químicas.	35
3.7. Aplicación y efectos de la vermicomposta en los cultivos.	37
3.7.1. Aplicación.	37
3.7.2. Efectos.	38
4. Materiales y métodos.	39
4.1. Ubicación.	39
4.2. Condiciones ambientales.	39
4.3. Características del área experimental.	39
4.4. Residuos orgánicos utilizados y densidad de población empleada.	40
4.5. Diseño experimental.	41
4.6. Parámetros a evaluar.	41
4.6.1. Determinación de la densidad de población.	41
4.6.2. Determinación de las características fisicoquímicas de las compostasy vermicompostas.	42
4.7. Tratamientos.	42
4.8. Manejo del experimento.	43
4.6.1. Residuos orgánicos.	43
4.6.2. Preparación de camas o lechos.	43
4.6.3. Incorporación de lombrices.	44
4.6.4. Riego.	44
4.6.5. Separación de lombrices y vermicomposta.	45
4.6.6. Preparación de las muestras.	45
5. Resultados.	46
5.1. Efecto del lecho y densidad de población.	46
5.1.1. Comportamiento de adultos.	47
5.1.2. Comportamiento de jóvenes.	48
5.1.3. Comportamiento de los capullos.	49

5.2.Resultados de los análisis fisicoquímicos de las compostas y vermicompostas.	49
5.2.1. Características fisicoquímicas de residuos orgánicos.	50
5.2.1.1. Estiércol de bovino.	50
5.2.1.2. Estiércol de equino.	50
5.2.1.3. Estiércol de bovino y equino.	51
5.2.2. Características fisicoquímicas de residuos vermicomposteados.	
5.2.2.1. Estiércol de bovino.	51
5.2.2.2. Estiércol de equino.	53
5.2.2.3. Estiércol de bovino y equino.	54
6. Análisis de resultados.	57
7. Conclusiones.	62
8. Referencias bibliográficas.	65

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Generación anual de residuos sólidos por zona geográfica.	16
Cuadro 2.	Composición de los residuos por zona geográfica.	17
Cuadro 3.	Subproductos orgánicos disponibles en México.	19
Cuadro 4.	Contenido mínimo y máximo de nutrientes en estiércoles.	20
Cuadro 5.	Parámetros para el desarrollo de la lombriz.	22
Cuadro 6.	Modalidades del proceso de vermicomposteo.	28
Cuadro 7.	Estudio microbiológico de dos vermicompostas de estiércol de bovino.	34
Cuadro 8.	Características fisicoquímicas de vermicomposta.	35
Cuadro 9.	Contenido de nutrientes de vermicomposta.	36
Cuadro 10.	Épocas de aplicación de vermicomposta.	37
Cuadro 11.	Distribución de tratamientos.	44
Cuadro 12.	Número total de lombrices adultas, jóvenes y capullos.	47
Cuadro 13.	Número de lombrices adultas.	47
Cuadro 14.	Número de lombrices jóvenes.	48
Cuadro 15.	Número de capullos.	49
Cuadro 16.	Análisis fisicoquímico de las compostas y vermicompostas.	50



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Efecto del lecho y densidad sobre la población total de lombrices.	46
Gráfica 2.	Incremento promedio de adultos en relación con la densidad inicial.	48
Gráfica 3.	Variación del pH.	52
Gráfica 4.	Variación del porcentaje de la materia orgánica.	52
Gráfica 5.	Variación del porcentaje del nitrógeno total.	53
Gráfica 6.	Variación del fósforo disponible.(ppm).	54
Gráfica 7.	Variación del potasio disponible (ppm).	54
Gráfica 8.	Variación del calcio (meq/100 gr.).	55
Gráfica 9.	Variación del magnesio (meq/100 gr.).	56
Gráfica 10.	Variación de la capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr.).	56

## 1.INTRODUCCIÓN

La aplicación de materiales orgánicos en terrenos de cultivo es una práctica ancestral que disminuyó con el surgimiento de los fertilizantes químicos, los cuales cobraron mayor auge a partir de la segunda guerra mundial, con la producción de grandes cantidades de éstos a nivel mundial, (Nuñez, 1981; Lazcano, 1987; Gómez A., 1996).

Actualmente el manejo y consecuente utilización de los residuos orgánicos para diversos fines ha cobrado gran importancia, debido principalmente, a la paulatina disminución de los recursos naturales no renovables que se emplean para elaborar los fertilizantes químicos, y ante la necesidad de eliminar materiales que pudieran representar focos de contaminación, situación que se ha acentuado en años recientes ante un constante incremento de la población mundial y con ello en la demanda de alimentos y otras necesidades básicas (Cruz, 1986; Lazcano, 1987; Nuñez, 1993).

Cabe señalar que los residuos sólidos orgánicos en su estado original son poco manejables, con alto porcentaje de agua y contaminantes por lo que es necesario someterlos a diferentes procesos que permitirán aprovechar sus bondades (Lazcano, 1987; Benedicto, 1989).

Entre los procesos que se emplean para aprovechar estos residuos, destacan el composteo y vermicomposteo, interviniendo los microorganismos en la actividad degradativa de los sólidos orgánicos en el primero y en el segundo además de bacterias y hongos, las lombrices; las cuales desarrollan una gran actividad en la transformación y

estabilización en los residuos orgánicos a través de su dinámica alimenticia (Angulo, 1994; Martínez, 1998).

De las especies de lombrices más utilizadas para obtener vermicomposta destacan Eudrilus eugeniae, Peryonix excavatus, Eisenia foetida y Eisenia andrei principalmente, estas especies por no escapar del cultivo, por su gran capacidad reproductiva y por alimentarse de gran variedad de residuos orgánicos permiten su manejo de forma industrial (Gómez, 1998; Santamaría, 1996).

En México una de las especies más empleadas es E. foetida misma que pese a ser una especie muy noble es necesario que los hechos o habitáculos presenten condiciones adecuadas de temperatura, humedad y pH lo cual permitirá que el éxito del cultivo esté asegurado.

Es entonces finalidad de este trabajo además de conocer el establecimiento y manejo de las lombrices en diferentes lechos, la obtención y evaluación de su vermicomposta.

## **2.OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **OBJETIVO GENERAL.**

Realizar el establecimiento y manejo de un área de vermicomposteo y con ello una forma que permita aprovechar y mejorar residuos orgánicos.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

Determinar cual de los residuos orgánicos y densidades de población empleados son los más apropiados para el crecimiento y reproducción de las lombrices (Eisenia foetida).

Evaluar las características fisicoquímicas del material vermicomposteadado.

### **HIPÓTESIS**

El aprovechamiento y mejoramiento de las características químicas de residuos orgánicos es viable con el empleo de lombrices (Eisenia foetida), favoreciendo su velocidad de crecimiento y de reproducción así como la calidad final de la vermicomposta con la mezcla de los residuos orgánicos y la densidad de población de 50 lombrices.

### **3. REVISION DE LITERATURA**

#### **3.1 Antecedentes**

Resultado de las muy diversas actividades que ha realizado el hombre a lo largo de la historia para satisfacer sus necesidades es el deterioro al ambiente; situación que se agudizó desde la segunda guerra mundial ante el crecimiento exponencial que registró la población y el estilo de desarrollo industrial que se adoptó. Dicho desarrollo, aunque se caracterizó por una modernización continua de las técnicas de producción y distribución de los productos, propició un aprovechamiento poco racional de los recursos naturales (Cruz, 1994).

La actividad agrícola no estuvo exenta de este desarrollo industrial, la cual se identificó por adoptar un conjunto de técnicas y paquetes tecnológicos con el fin de obtener una producción máxima que permitiese satisfacer la demanda en el mercado (Cruz, 1994;Gómez A.,1997 ). Es entonces la agricultura moderna o intensiva aquella que se caracteriza por utilizar gran cantidad de insumos provenientes de energía fósil, procesos de mecanización, semillas de alto rendimiento manipuladas genéticamente y uso intensivo del suelo (Gómez, 1997).

Son numerosos los efectos causados por la agricultura moderna, pero ante la creciente importancia que ha adquirido el factor ecológico en fechas recientes sobresalen aquellos que han ocasionado severos daños a los recursos agua, suelo, vegetación y fauna (acuática y terrestre), tales como la destrucción del suelo por erosión o pérdida de materia orgánica, resistencia a pesticidas por parte de la maleza, insectos y otros organismos "dañinos", contaminación por químicos en aguas superficiales y subterráneas, deforestación, salinización y desertificación entre otros (Gómez A., 1997).

En México no son inexistentes los problemas que se originaron al adoptarse este modelo de agricultura industrial el cuál fue impulsado por los gobiernos, los organismos internacionales de crédito y las corporaciones trasnacionales como una estrategia tecnológica y comercial que revoluciono la agricultura en los países del norte y se promovió como un modelo a seguir por los países del sur, hecho que se concretó con la llamada "revolución verde", los cuales se agudizaron por la presente política neoliberal impuesta, pues la erosión afecta más del 80 por ciento del territorio nacional, la deforestación anual se estima entre 2 000 000 y 400 000 hectáreas, más de 300 000 has. agrícolas presentan problemas de salinidad, existe un gran abatimiento de los mantos freáticos y con ello una disminución de la superficie de riego, se utiliza una gran cantidad de aguas negras en la agricultura y cada vez es mayor la importación de básicos, así como el número de desempleados rurales ( Gómez et al, 1996; Gómez A., 1997).

Tales circunstancias, han permitido la adopción, no sólo en México, de diversos modelos agrícolas con la finalidad de alcanzar un Desarrollo Sustentable, el cual plantea "la búsqueda del equilibrio entre las actividades económicas y la preservación y conservación del ambiente, con el propósito de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras" (Cruz, 1994). Es por eso que la agricultura dentro de un concepto sustentable debe incluir según Hart (citado por Cruz, 1996) entre sus componentes

- Una dependencia baja de insumos externos o introducidos
- El uso de recursos locales y renovables
- Impactos benéficos sobre el ambiente
- El mantenimiento de la capacidad productiva a través del largo plazo
- Diversidad biológica y cultural
- Conocimientos del entorno y la cultura de las comunidades
- Cantidades suficientes de productos de uso doméstico y para el mercado.

Entre los modelos agrícolas alternativos el que más aceptación y desarrollo ha presentado en nuestro país es la Agricultura Orgánica, no sólo por la revaloración de la agricultura tradicional, sino por la creciente demanda de aquellos productos obtenidos de forma racional en equilibrio con la naturaleza (Gliessman, 1993; Gómez A., 1997).

### **3.2.Agricultura Orgánica**

La agricultura orgánica también conocida por algunos como ecológica o biológica, es considerada como una agricultura respetuosa del ambiente en donde técnicas de producción se conjugan armoniosamente con leyes de la naturaleza (Ruiz, 1993), caracterizándose por ser un sistema de producción integral que utiliza insumos naturales, tierras de calidad, prácticas de labranza y conservación del suelo e insecticidas naturales (Gómez, 1997; Salazar, 1997), procurando en todo momento mantener un alto reciclaje de los materiales empleados.

Para Ruiz (1999) es un sistema de producción de alimentos que conjuga los conocimientos empíricos tradicionales con los científicos actuales, buscando una armonía y equidad en el uso de los recursos naturales y evita el uso de productos de síntesis química, siendo el único sistema que integra holísticamente al suelo-agua-planta-animal-hombre y medio ambiente, obteniendo con ello, alimentos de mejor calidad organoléptica. Por su parte Gómez (1996), menciona que debe ser sustentable ecológicamente, económicamente viable, socialmente justa y culturalmente apropiada.

Las técnicas de producción orgánica utilizadas son muy variadas, tales como evitar el uso de agroquímicos (fertilizantes, pesticidas, reguladores de crecimiento, aditivos o colorantes en la nutrición de las plantas y del ganado),

control biológico de plagas y enfermedades e incorporación de abonos orgánicos, es decir: residuos de cosecha, estiércol de animales, leguminosas, abonos verdes, desechos orgánicos, composta y lombricomposta (FAO, 1991; Cruz, 1994; Gómez *et al.*, 1996).

### **3.3. Abonos Orgánicos**

El empleo de abonos orgánicos tiene como objetivo fundamental la conservación del suelo e incrementar su fertilidad (Gómez *et al.*, 1996); éstos, son materiales de origen animal o vegetal que se aplican directamente en los suelos de cultivo (Recicla, 1996), caracterizándose por ser materiales de gran volumen y contener una gran cantidad de agua (Simpson, 1986).

El uso de este tipo de materiales en terrenos cultivados se remonta casi al nacimiento mismo de la agricultura (Nuñez, 1981), incluso los autores griegos y romanos de los últimos siglos anteriores a la era cristiana como los de los primeros siglos de la era cristiana, describen minuciosamente las propiedades de los excrementos de varios animales y del hombre mismo para utilizarlos en diferentes suelos y cultivos (Simpson, 1986). En México, se tiene conocimiento acerca del uso de abonos orgánicos desde la época prehispánica donde los Aztecas llegaron a formar suelos orgánicos con el sistema denominado chinampas en el Lago de Xochimilco (Rojas, 1983), empleado también en esa época el guano de murciélago (González, 1992).

El incremento en la producción y el consumo de fertilizantes químicos en una agricultura intensiva disminuyó la atención hacia los abonos orgánicos en la época de 1940-1970, pero en la actualidad vuelven a cobrar gran importancia (Nuñez, 1981), debido en parte a la creciente escasez y al alto costo de los energéticos en el mundo, lo que restringe la producción y uso de fertilizantes inorgánicos (Lazcano, 1987) y la necesidad de darle un uso a



aquellos materiales o "desechos" orgánicos que en determinadas situaciones se consideran como fuentes de contaminación (Cruz, 1986).

Dentro de las actividades domésticas, pecuarias y agro industriales que permiten satisfacer las necesidades básicas de la población se genera una gran cantidad de residuos orgánicos (Nuñez, 1993) como son: estiércol, bagazo y cachaza en la obtención de azúcar, pulpa en obtención de café, orujo y lies en el caso de la industria vitivinícola, aguas negras y basura en general, resultado del uso de diversos productos (Cruz, 1986; Aranda, 1989).

De acuerdo con Sancho *et al* (1998), la generación de residuos sólidos aumentó de 300 gramos /habitante /día en la década de los cincuenta, a más de 815 gramos en promedio en 1997, cabe señalar que en el mismo periodo la población se incremento de 30 a 97 millones y a la fecha la generación nacional de residuos se estima en 82 600 toneladas diarias y de este total generado, el 62 por ciento lo producen la zona centro y el Distrito Federal (Cuadro 1)

**Cuadro 1. Generación anual de residuos sólidos por zona geográfica.**

Zona	Población Proyección 1998	Generación Per cápita (Kg/hab/día)	Generación Diaria (ton)	Generación Anual (ton)
Centro	50,613,739	0.783	39,618	14,460,535
D.F.	8,627,273	1.329	11,467	4,185,464
Norte	19,026,502	0.891	16,949	6,186,454
Sur	12,270,160	0.679	8,328	3,039,721
Frontera Norte	6,612,245	0.955	6,318	2,305,973
Nacional	97,149,919	0.851	82,680	30,178,148

Fuente: Sancho *et al*, 1998

La composición de los residuos sólidos no es homogénea en todo el territorio nacional, esta responde a la distribución de hábitos de consumo y poder adquisitivo de la población (Cuadro 2). Es así que la composición de los residuos en la zona sur del país tiene mayores contenidos de residuos de jardinería o cosechas mientras que en las zonas urbanas este mismo producto aparece en menor proporción.

**Cuadro 2. Composición de los residuos por zona geográfica.**

Subproducto	Frontera Norte	Norte	Centro	Sur	DF
Cartón	3.973	4.366	1.831	4.844	5.360
Residuos Finos	1.369	2.225	3.512	8.075	1.210
Hueso	0.504	0.644	0.269	0.250	0.080
Hule	0.278	0.200	0.087	0.350	0.200
Lata	2.926	1.409	1.700	2.966	1.580
Material ferroso	1.183	1.476	0.286	0.399	1.390
Material no ferroso	0.226	0.652	0.937	1.698	0.060
Papel	12.128	10.555	13.684	8.853	14.580
Pañal desechable	6.552	8.308	6.008	5.723	3.370
Plástico película	4.787	5.120	1.656	1.723	6.240
Plástico rígido	2.897	3.152	1.948	1.228	4.330
Residuos Alimenticios	26.972	21.271	38.538	16.344	34.660
Residuos de jardinería	16.091	19.762	7.113	26.975	5.120
Trapo	1.965	2.406	0.807	2.157	0.640
Vidrio de color	2.059	0.934	4.248	0.599	4.000
Vidrio transparente	4.590	5.254	5.051	3.715	6.770
Otros	11.500	12.267	12.326	14.102	10.410
<b>Total</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>

Fuente: Sancho et al, 1998.

Cabe Mencionar que independientemente de la zona geográfica, la cantidad de residuos sólidos biodegradables de acuerdo con Sancho et al (1998) es mayor (62.8 por ciento) de ahí que sea indispensable proporcionar un manejo adecuado a estos residuos y con ello no sólo evitar problemas de contaminación al ambiente sino también aprovechar sus múltiples cualidades al utilizarlos como abono orgánico, que en comparación con los fertilizantes son:

1. Materiales con mayor afecto residual
2. Aumentan la capacidad de retención de humedad del suelo a través de su efecto sobre la estructura (granulación y estabilidad de agregados), la porosidad y la densidad aparente,
3. Permiten la formación de complejos orgánicos con los nutrientes manteniendo a éstos en forma aprovechable para las plantas,

4. Reducen la erosión de los suelos, al aumentar la resistencia de los agregados a la dispersión por el impacto de gotas de lluvia y al reducir el escurrimiento superficial
5. Elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, protegiendo los nutrientes de la lixiviación.
6. Liberan de CO<sub>2</sub> que propicia la solubilización de nutrientes
7. Permiten el abastecimiento de carbono orgánico, como fuente de energía la flora microbiana heterótrofa (Nuñez, 1981).

Los efectos benéficos generales de la adición de abonos orgánicos al suelo se traduce en una elevación de los rendimientos (Nuñez, 1981) y en condiciones que permiten mejorar las propiedades químicas, físicas y microbiológicas del mismo (Cruz, 1986).

### **3.4. Tipos de abono orgánico.**

#### **3.4.1. Abonos de origen vegetal.**

El cultivo de los denominados abonos verdes o abonadura verde se emplea en la agricultura en rotación o sucesión entre los cultivos, utilizando especies vegetales nativas o introducidas, perennes o anuales, asociadas o no, con la finalidad de proteger, recuperar, aportar y mejorar las condiciones biológicas, físicas y nutricionales de los suelos (Restrepo, 1997). En ésta práctica se emplean por lo general leguminosas, las cuales son incorporadas al terreno (Broadben, citado por Nuñez, 1981).

Restrepo (1997) menciona que entre los principales aportes de este tipo de abono al suelo, son que actúan como una fuente constante de materia orgánica, contribuye al mejoramiento de su tasa de infiltración y drenaje, favorece su bioestructura y estabilidad, aumenta la capacidad efectiva de intercambio

catiónico, mejora su permeabilidad, aireación y porosidad, favorece su colonización por la macro y micro vida en capas profundas y es una fuente de enriquecimiento nutricional del mismo y de reciclaje.

### 3.4.2. Abonos de origen animal.

Este tipo de abono, subproducto de la cría y explotación de diferente ganado, constituido por las heces y la orina de los animales mezclado con paja, residuos de cosecha y otros materiales utilizados como cama, se ha empleado con fines agrícolas prácticamente desde el origen mismo de la actividad pecuaria (Cruz, 1986; Aguilar, 1987). En nuestro país, la producción de estiércol para el año de 1970 según Fernández *et al* (citado por Nuñez, 1981) fue de 49.2 millones de toneladas en peso fresco, correspondiendo el 74 por ciento a bovinos estabulados y semiestabulados, 9.8 por ciento a equinos y el 15.8 por ciento a especies menores (porcinos, caprinos, ovinos y aves) (cuadro 3).

**Cuadro 3. Subproductos orgánicos disponibles en México.**

Subproducto estiércol de:	Miles de Ton./año	%
Bovino	36000	74.4
Equinos	4800	9.8
Porcinos	33000	6.7
Caprinos	1800	3.6
Gallinaza	1700	3.5
Ovinos	1000	2.0
<b>TOTAL</b>	<b>49200</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Nuñez, 1981.

El valor fertilizante del estiércol depende no sólo de la forma de manipulación a la que es sometido, sino también de su origen, éste permite que la composición del mismo sea muy variable, todo ello en función de: la especie y edad de el ganado, alimentación, régimen, de dónde procede, el uso de camas, la inclusión o separación del excremento líquido y la magnitud de los procesos de descomposición y lavado que hayan tenido lugar durante el almacenamiento (Martínez *et al* ,1974; Thompson *et al*, 1980; Aguilar, 1987), el contenido de

elementos mayores en varios estiércoles, reporta con base a peso fresco los siguientes valores (cuadro 4).

**Cuadro 4. Contenido Mínimo y Máximo de Nutrimientos en estiércoles.**

Especies	N (%)		P205(%)		K20(%)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Bovinos	0.91	2.20	0.51	2.08	0.52	3.29
Caprinos	1.41	3.90	0.33	1.11	1.66	2.11
Ovinos	1.30	2.37	0.69	1.62	1.02	4.02
Equinos	1.08	2.12	0.51	1.68	1.02	3.23
Porcinos	0.79	4.25	0.097	0.97	2.98	2.02
Aves	1.38	3.98	0.73	6.05	0.79	3.65

Fuente Martínez *et al* 1974, citado por Benedicto,1989.

En términos generales la aplicación de estiércol proporciona en diferentes grados además de nitrógeno y fósforo, materiales orgánicos que modifican la estructura, la densidad aparente y la permeabilidad del suelo (Thompson *et al*, 1980). Las diferencias en dichas características se debe en parte al origen mismo del estiércol, dado que los de equinos y ovinos se caracterizan por contener poca agua (estiércoles calientes), descomponerse fácilmente y desprender mucho calor durante su descomposición, no así los de bovinos y porcinos, que contienen más agua (estiércoles fríos) y de más difícil descomposición; presentando mayor concentración de elementos nutritivos los estiércoles secos por contener más materia seca según Aguilar (1987).

Pese a los múltiples efectos que puede ejercer la aplicación de este tipo de abono en las propiedades físicas y químicas del suelo, el mal manejo e inadecuada aplicación de éstos, propicia que existan grandes pérdidas de sus elementos nutritivos debido a la acción de elementos climáticos tales como: el sol, la lluvia y el viento, caso del nitrógeno por volatilización y de otros nutrientes por lavado (López, 1998). Dentro de los diversos métodos de manejo del estiércol, el que permite protegerlo de los elementos climáticos durante su proceso de transformación es la utilización de estercoladeros (Nuñez, 1981), de donde una vez extraído de este cobertizo, o trinchera de

1981), de donde una vez extraído de este cobertizo, o trinchera de almacenamiento, el estiércol puede llevarse al campo, esparcirse y enterrarse para así aprovechar sus cualidades mejoradoras (Thomson, 1980).

### **3.4.3. Abonos de origen mixto**

En este grupo se encuentra aquel tipo de abono obtenido a través del composteo, entendiendo por éste, que es aquel material inodoro obtenido de la actividad degradativa de los microorganismos (bacterias y hongos principalmente), efectuada en sólidos orgánicos por medio de una respiración aerobia que pasa por una fase termofílica totalmente controlada (Gómez y Warmer, citados por García, 1996).

Este sistema de aprovechamiento de los desechos orgánicos se ha practicado desde hace varias décadas (Hernández F., 1996) y comúnmente en la mayoría de los países del mundo (Lazcano, 1987), perteneciendo a los abonos de origen mixto por el hecho de alternar capas de suelo, estiércol y residuos vegetales formando una pila. El contenido de humedad en la composta debe asegurar la actividad de los microorganismos fermentadores, la temperatura es importante también para que se efectúe este proceso y se genere la destrucción de patógenos, huevecillos y larvas (García, 1996).

La liberación de nutrientes de un material composteado se realiza de manera más equilibrada y regulada que el estiércol fresco, también favorece la formación de humus y la buena estructura del suelo (Thomson, 1980), una mayor retención de humedad y mejor aireación; la composta contiene algo de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre, pero su importancia radica en el contenido de micronutrientes, en su capacidad de nivelar el pH (efecto buffer) y actuar como neutralizador de las toxinas del suelo (Jhon, 1991).

Otro caso dentro del grupo de abonos orgánicos de origen mixto es la denominada vermicomposta, vermicultura o lombricultura (Lazcano, 1987; García, 1996; Hernández V, 1996;)cuyas características y propiedades se tratarán ampliamente a continuación.

### **3.5.Lombricultura**

#### **3.5.1. Generalidades**

La lombricultura puede definirse de manera muy extensa como la explotación intensiva de lombrices (Ferruzi, 1987), en donde el producto final de este aprovechamiento depende de sus objetivos particulares, pudiendo obtener con esto el cebo para pesca (Compagnoni et al, 1985), proteína para alimentación animal y abono orgánico o vermicomposta mediante el proceso de aprovechamiento de diferentes tipos de residuos orgánicos, tales como desperdicios domésticos, agroalimentarios, agropecuarios y aún cierto tipo de desechos industriales (García-Pérez, 1996; López, 1998).

Siendo entonces la lombricultura, una técnica que permite la transformación de los residuos sólidos orgánicos por medio de la lombriz de tierra (Martínez, 1998; Delgado et al, 1994), logrando todo ello a partir de su propia dinámica alimenticia y de reproducción (Angulo, 1994).

La potencialidad de estos organismos para la transformación de residuos orgánicos y para con ello, favorecer la productividad del suelo, era conocido desde la antigüedad; la fertilidad del Valle del Nilo es atribuida en parte al trabajo que realizaban las lombrices (Ferruzi, 1987). Los romanos Caton, Varron y Columela mencionan el uso de ellas en los sistemas agrícolas, dentro de sus Tratados de agricultura, escritos en el siglo II a.C. y el siglo I de nuestra era (Hernández F., 1996). El filósofo griego Aristóteles definió a las

lombrices como el intestino de la tierra; posteriormente Charles Darwin dedico varios artículos al estudio de ellas, publicando en 1881 "La transformación de los residuos vegetales por la acción de las lombrices" (Martínez, 1998).

En tiempos más recientes, hacia 1947 la primera explotación de lombrices a gran escala se dio en los Estados Unidos de Norte América, donde la finalidad era obtener cebo para pesca (Compagnoni *et al*, 1985); posterior a esas fechas se iniciaron trabajos de investigación con la finalidad de utilizar las lombrices en la agricultura para obtener abono orgánico (Ferruzi, 1987) coincidiendo esto con el descubrimiento de el híbrido rojo californiano que permite su explotación industrial sin escapar del cultivo (Martínez, 1998).

Las singulares características de este híbrido y múltiples beneficios estudiados en la actividad de las lombrices en el suelo permitieron un gran desarrollo en la vermicultura no sólo en su país de origen, Estados Unidos de Norte América, sino también en algunos países de Europa, principalmente Italia y más recientemente en algunos del Centro y Sur de América.

Dentro de las numerosas funciones benéficas que las lombrices tienen sobre la fertilidad del suelo sobresalen:

Aceleración de la mineralización

Aceleración de la descomposición de la materia orgánica

Favorecen la aireación y drenaje del suelo

Mejoran la estructura del suelo

Favorecen la formación de agregados

Efectúan intercambio de niveles del suelo

Favorecen la porosidad del suelo

Favorecen la propagación de bacterias benéficas en el suelo

Disminuyen la fauna fitopatógena

Favorecen el crecimiento de las raíces (García-Pérez, 1996)



### 3.5.2 Biología de la lombriz terrestre.

La lombriz de tierra pertenece al Reino Animal, Phylum Annelidae, Clase Oligochaeta, Orden Lumbricida y Suborden Lumbricina, siendo las Familias de interés comercial Eudrilidae (Eudrilus) y Lumbricidae (Lumbricus, Dendrobaena, Allophara, Eisenia) (Bouche, 1985; Val, 1993; García-Pérez, 1996; Santamaría, 1996; Martínez 1998).

La lombriz terrestre animal de cuerpo cilíndrico y con anillos unidos en forma de segmentos, carece de esqueleto, presenta una longitud que varía entre lo cinco y diez cm., su diámetro oscila de tres a cinco mm. y su peso aproximado es de 0.8 gr. cuando adulto (Ferruzi, 1987; Martínez, 1998; Terranova, 1995). Su cuerpo esta revestido por una fina cutícula transparente, secretada por las células epidérmicas, que la protege de la desecación y a su vez permite los intercambios gaseosos respiratorios al absorber oxígeno (Trejo, 1995;Hernández V., 1996; Martínez, 1998).

En su cuerpo sobresalen cuatro segmentos o metámeros: el prostomio ubicado en la extremidad anterior, que permite percibir el grado de acidez o de alcalinidad del terreno o lecho, el mesatomio que contiene la boca, el ano y por último el clitelio, zona glandular que aparece cuando la lombriz alcanza su madurez sexual (Compagnoni et al, 1985; Martínez, 1998).

En conjunto todos los segmentos o metámeros permiten que la lombriz se desplace o arrastre, pues mientras que un grupo de metámeros se alarga y se desplace hacia delante, el grupo contiguo se dilata y contrae y viceversa (Compagnoni et al, 1985), efectuándose todo ello cuando se alimenta. Cuando realiza esta actividad la lombriz, succiona o chupa la comida a través de su boca desprovista de dientes, es entonces por ello necesario que el alimento este en un estado de putrefacción y grado de humedad adecuado. Después de ser

succionado el alimento atraviesa todo el aparato digestivo que se divide en esófago, buche, molleja e intestino y por último el ano (Hernández V., 1996; Martínez, 1998).

Cuando el alimento llega al esófago unas glándulas calcíferas se encargan de segregar carbonato de calcio, cuya finalidad es neutralizar los ácidos presentes en la comida ingerida (Ferruzi, 1987) de ahí que sus heces son una mezcla íntima de materia orgánica saturada de calcio (Hernández V., 1996).

El sistema vascular de acuerdo con Campagnoni *et al* (1985) es bastante complejo, compuesto por los metámeros situados entre la faringe y el estómago, los cuales están bastante dilatados y constituyen sendos corazones. En cambio para Martínez (1998) el sistema circulatorio de la lombriz no tiene propiamente corazones, lo que presenta son cinco uniones contractiles que tienen como función hacer circular la hemolinfa.

Para poder eliminar las sustancias de desecho al exterior, las lombrices poseen un par de nefridios por segmento que son simples tubitos conectados a los poros nefridiales o nefridioporos (Compagnoni *et al*, 1985; Martínez, 1998).

El sistema nervioso de la lombriz consta de un ganglio cerebral ubicado a la altura de la faringe, de donde parten dos cordones que se unen y forman el cordón nervioso central, prolongándose hasta el último segmento o anillo (Martínez, 1998).

Puesto que las lombrices no tienen ojos, poseen un sentido de el tacto muy desarrollado y un gran número de células sensoriales que permiten percibir la intensidad luminosa y el grado de acidez o alcalinidad del alimento (Compagnoni *et al*, 1985), utilizando ambos para poder alejarse cuando las condiciones del lecho no permitan su crecimiento y desarrollo.

Para que se puedan reproducir estos organismos es necesario que hayan alcanzado su madurez sexual, traduciéndose esto en la aparición del clitelio; y pese a que las lombrices son hermafroditas son incapaces de autofecundarse, para tal efecto es necesario el apareamiento de dos individuos, en donde se entrelazan estrechamente en posición invertida, haciendo coincidir ambas el clitelio, quedando en contacto el poro genital masculino con el femenino e intercambiando el material espermático (Compagnoni et al, 1985; Ferruzi, 1987; Martínez, 1998).

Como resultado de este acoplamiento y de la fecundación, cada lombriz produce un capullo o cápsula de color amarillo verdoso, teniendo una forma parecida de pera, con dimensiones de 2-3 por 3-4 mm., emergiendo de ellas después de tres semanas entre dos y 21 pequeñas lombrices de color blanco, que cambian posteriormente a un tono rosado a los tres o seis días y adquieren su madurez sexual a los tres meses, pudiendo aparearse desde entonces con intervalo mínimo de siete días entre un apareamiento y otro (Compagnoni et al, 1985; Ferruzi, 1987).

### **3.5.3. Requerimientos fisicoquímicos de la lombriz**

Para que la lombriz pueda efectuar sus funciones vitales y el hombre pueda aprovechar sus cualidades, y pese a que se caracteriza por ser un animal que puede vivir y producirse en cualquier ambiente excepto en lugares donde la condiciones ambientales sean excesivamente rígidas, es necesario proporcionarles ciertas condiciones de temperatura, húmeda y alimentación (acidez o alcalinidad) adecuadas. La temperatura óptima del medio de cultivo de acuerdo con Gómez (1998) oscila entre 15 y 26 grados centígrados, para el caso de humedad recomienda que sea 80 a 82 por ciento en los criaderos o medio de cultivo y así evitar pérdida de humedad en el propio cuerpo de la

lombriz, dada su constitución (75 a 90 por ciento de agua), un pH neutro es el óptimo, si bien puede sobrevivir en pH que va del 4.2 al 8.

También Martínez (1998) recomienda rangos óptimos de dichos parámetros, tal como se señala en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Parámetros para el desarrollo de la lombriz**

	pH	Temp °C	Hum %
Muerte	<5	0	<60
Letargo	6.5	7	75
Produce Humus	6.8	14	80
Fase óptima	7.5	19.20	82.5
Produce Humus	8	27	85
Letargo	8.5	33	88
Muerte	>9	>42	>90

Fuente: Martínez, 1998.

### 3.5.4. Proceso de vermicoposteo

Se le denomina vermicoposteo a la técnica que permite la transformación de los residuos sólidos orgánicos por medio del cultivo extensivo de la lombriz de tierra (Martínez, 1998), logrando todo ello, a partir de su propia dinámica alimenticia y de reproducción (Angulo, 1994).

En dicha actividad, se pueden distinguir cuatro modalidades las cuales están definidas por el tamaño de la explotación: producción de abono a nivel familiar, pequeña escala, mediana escala y escala comercial, apreciándose algunas de sus características en el cuadro 6.

**Cuadro 6. Modalidades del proceso de vermicomposteo**

Tipo de explotación	Residuos orgánicos necesarios	Volumen de abono generado ton/año	Aprovechamiento
Nivel familiar	Desechos de cocina jardinería, excretas de animales de traspatio.	Menos de dos	Huertos o jardines
Pequeña escala	10 a 20 ton. Estiércol 20 a 40 ton materiales vegetales	Cuatro a 50 Dos a 24	Cultivo de unidad productiva
Mediana escala	120 a 1200 ton estiércol  240 a 24000 ton residuos vegetales	50 a 500  24 a 240	Autosuficiencia y comercialización
Escala Comercial	Más de 1200 ton estiércol  Más de 24000 ton materiales vegetales	Más de 500  Más de 24000	Comercialización

Fuente: Gómez, 1998

Independientemente del tipo de explotación, y para obtener vermicomposta es necesario tener en cuenta los siguientes puntos.

### 3.5.4.1. Selección del área de cultivo

La zona destinada a la producción de vermicomposta y conforme al tipo de explotación que se pretenda establecer, debe estar cerca de una fuente constante de agua sin contaminación, así como de los residuos orgánicos a procesar, además de contar con buen drenaje y sombra de ser posible (Gómez, 1998; Martínez, 1998); condiciones que permitirán aprovechar las múltiples cualidades de las lombrices en el manejo de desechos orgánicos.

#### **3.5.4.2. Pie de cría.**

Martínez (1998) denomina pie de cría a la cantidad de lombrices necesarias en cuanto a peso o en cuanto a número, que permitirá efectuar una siembra y posteriormente obtener una población importante que se utilizará en el área de cultivo extensivo. Cabe señalar que la cantidad del pie de cría se define en función del área que se vaya a establecer.

El área de reproducción o pie de cría de acuerdo con Gómez (1998), generalmente es un área pequeña y bajo la sombra donde se colocan cajones, canoas o pequeños recipientes con orificios laterales, para la reproducción de las lombrices. Después de un proceso previo de descomposición, se coloca en los cajones una capa de 10 cm. de residuos, 500 gr. de lombriz (500 lombrices) por metro cuadrado, a continuación nuevamente se agrega una capa de cinco a 10 cm de residuos y se riega el medio de cultivo o lecho. Posteriormente cada 21 días se aplica una capa de 15 cm. de desperdicios manteniendo la humedad constante de 80 por ciento.

#### **3.5.4.3. Preparación del sustrato.**

Los materiales orgánicos empleados comúnmente en el cultivo de lombrices son: estiércol de bovinos, caprinos, equinos, porcinos, conejaza y gallinaza, pulpa de café, residuos de cítricos, plantas ornamentales, de mercado, cocina, papel y cartón (Ferruzi, 1987; Gómez, 1998, Martínez, 1998). Este sustrato o lecho, material orgánico que sirve como hábitat y alimento a la lombriz, debe recibir un manejo previo antes de poder emplearse o en su defecto haber madurado, superado la etapa de fermentación o contar con un pH y temperatura adecuados.

Para Gómez (1998) el lecho puede ser una mezcla de diversos materiales o emplearse uno solo, procurando que en él exista un contenido de celulosa no inferior a 20 o 25 por ciento (Ferruzi, 1987) así como un pH adecuado (6.8 a 8), que se encuentre lo suficientemente desmenuzado, que no contenga sustancias tóxicas o dañinas para la lombriz y un grado de humedad que permita su ingestión por ellas (Martínez, 1998).

Además de los puntos antes mencionados, cabe recalcar que el alimento o sustrato puede utilizarse cuando este haya superado su estado de calentamiento, como consecuencia de su putrefacción y posterior fermentación (Ferruzi, 1987). Una forma de acelerar estos procesos y disminuir el tiempo en que el material adquiera un estado de envejecimiento apropiado para las lombrices, es a través del riego y viraje periódico del mismo (Ferruzi, 1987; Martínez, 1998).

De acuerdo con Gómez (1998), el único residuo orgánico que puede emplearse sin un proceso previo de fermentación es la conejaza; la gallinaza la recomienda con menor frecuencia por su alto contenido de nitrógeno, por lo que es necesario mezclarla con otros materiales. Para el resto de diferentes estiércoles y residuos vegetales, un periodo previo de fermentación de tres semanas antes de la incorporación de las lombrices es suficiente.

Para corroborar que el sustrato ha alcanzado un estado tal que permita ser utilizado por las lombrices se hacen mediciones con el potenciómetro y el termómetro para determinar los niveles de acidez o alcalinidad y temperatura respectivamente. Otra forma complementaria y más directa para asegurar que el alimento es adecuado, es emplear la prueba de caja o prueba con 50 lombrices, la cual consiste en utilizar a la lombriz como animal de ensayo al colocarla en una caja que contenga el sustrato que se desea emplear; si después de haber colocado las lombrices y haber humedecido el sustrato

éstas no escapan pasadas 24 horas, se puede utilizar sin ningún riesgo el alimento (Ferruzi, 1987; Martínez, 1998).

#### **3.5.4.4. Trazo y formación de lechos**

La dirección de los lechos debe ser N-S, sin olvidar claro, la dirección de los vientos dominantes y procurando en todo momento que la dirección permita la salida del agua sobrante y evitar con ello zonas donde se encharque el agua (Martínez, 1998). Las dimensiones del lecho obedecerá a la del área total, no así su espesor cuando se instalan, este valor no deber ser mayor a 10 a 15 cm. pues se permite con ello una adecuada incorporación de las lombrices.

Los lechos se pueden colocar directamente en el suelo (Martínez, 1998), sobre lona, concreto (Compagnoni *et al.*, 1985) o malla de alambre (Ferruzi, 1987) al aire libre o bajo alguna cubierta; todo ello en función del capital que se pretenda invertir.

#### **3.5.4.5. Incorporación de lombrices**

Considerando que el sustrato inicial cuenta con un pH adecuado, un grado de envejecimiento y una humedad óptima para las lombrices se procede a incorporarlas. La cantidad de lombrices incorporadas al sustrato es muy variada, por ejemplo, Ferruzi (1987) recomienda emplear las cajas de expedición (50x50x15 cm.) que contienen junto con una mezcla de alimento lombrices adultas, reproductoras jóvenes, lombrices pequeñas y cápsulas o huevos en lechos con una dimensión de 20 m. de longitud por uno de ancho.

Martínez (1998), menciona que sembrando mil lombrices en una canoa, recipiente con un largo aproximado de 1.5 a 2 m. y una profundidad de 0.60 m., a



los tres meses se obtienen desde 11 mil a 16 mil lombrices. Gómez (1998), por su parte recomienda sembrar en la parte central del lecho de 300 a 1000 gr. de lombriz por cada metro cuadrado de material a procesar.

Una vez incorporadas las lombrices, Ferruzi (1987), recomienda distribuir las uniformemente a lo largo y ancho de los lechos y aplicar un riego ligero.

#### **3.5.4.6. Riego.**

Esta actividad debe efectuarse cada vez que el lecho lo requiera, procurando que éste se encuentre en un estado apropiado para que la lombriz pueda ingerirlo, lográndolo al existir un grado de humedad de 82.5 por ciento (Ferruzi, 1987), si la mano de obra es suficiente se pueden emplear mangueras o regaderas, caso contrario, si se cuenta con capital se utilizan aspersores o microaspersores (Martínez, 1998).

#### **3.5.4.7 Alimentación.**

Transcurridos 30 días desde la incorporación de las lombrices al sustrato, debe procederse a suministrar comida (Ferruzi, 1987), de igual manera el material utilizado debe estar en tal condición que permita vivir en él a las lombrices.

El espesor de la capa de alimento adicionado varía según el mes o la temperatura exterior, por ejemplo: para los meses fríos se recomienda una capa de 20 a 25 cm. en cambio para los meses de calor una de 10 a 15 cm.

#### **3.5.4.8. División y recolección de vermicomposta**

Con la finalidad de no perturbar en demasía a las lombrices la división y recolección de vermicomposta se realizan a la par, alrededor de los tres o seis meses, empleando métodos manuales o mecánicos. La división es con la finalidad de mantener una densidad de población adecuada y obtener pie de cría para poblar nuevos lechos, siendo poco recomendable emplear aquellas que se separaron de la vermicomposta por medio de una tolva circular, dado que sufren serias lesiones con este equipo(Ferruzi, 1987; Martínez, 1998).

Cuando es manual, se utiliza una capa de alimento (10 a 15 cm.) como cebo y debido a la tendencia de las lombrices de concentrarse en los 10 cm. superficiales del lecho permite separarlas del material procesado, esperando para ello dos o tres días (Ferruzi, 1987; Santamaría 1996; Gómez, 1998).

Después de haber retirado la vermicomposta es necesario que ésta pierda humedad hasta presentar valores entre 50 y 60 por ciento, para así encostalarlo (compagnoni et al, 1985; Ferruzi, 1987).

#### **3.6. Propiedades de la vermicomposta**

El producto que se obtiene mediante el procesamiento de materiales en descomposición a través de la lombriz es de un olor agradable y está enriquecido de microorganismos y enzimas con carácter nitrogenado (urea, mucoproteínas, ácido úrico, hipúrico y creatina), además de ser rico en fósforo, potasio y una gran cantidad de micronutrientes, es decir, contiene enormes ventajas biológicas, físicas y químicas las cuales estarán en relación tanto con el residuo orgánico como con las condiciones ambientales y de manejo del proceso (Angulo, 1994; Gómez, 1995, Gómez, 1998).

### 3.6.1. Propiedades biológicas

Compagnoni et al., (1985) menciona que el castin, humus de lombriz o vermicomposta constituye por su composición en términos de materia orgánica y de población microbiana, un auténtico "fertilizante biológico" o propiamente dicho, un corrector del suelo; lo anterior, dada la asociación entre las lombrices y los microorganismos que favorecen la descomposición de la materia orgánica, actuando sobre la mineralización de ésta y el aprovechamiento de los nutrientes por las plantas (Cortez et al citados por Santamaría, 1996).

La cantidad y tipo de microorganismos contenidos en el intestino y excretas de las lombrices, depende en parte del tipo de alimento, tal como se aprecia en los dos estudios microbiológicos realizados a diferente pH (Cuadro 7), donde éste valor condiciona la cantidad de hongos que prefieren medios ácidos y las bacterias que proliferen más en medios neutros.

**Cuadro 7. Estudio microbiológico de dos vermicompostas de estiércol de bovino.**

Grupo microbiano	Campagnoni y Putzolu	Feerera-Cerrato y Flores (datos no duplicados)
	pH=7.2	pH=8.3
Hongos	4.500 X 10	7.47 X 10
Bacterias	1.000 X 10	1.70 X 10
Actinomicetos	2.400 X 10	5.04 X 10
Fijadores libres	No determinado	4.96 X 10
Azotobater	No determinado	1.14 X 10
Beijerinckia	No determinado	6.92 X 10
Derxia	No determinado	4.72 X 10
Micro flora total	1.028 X 10	No determinado

Fuente: García, 1996.

Cabe señalar que la lombriz se puede utilizar en la manipulación de poblaciones de microorganismos benéficos del suelo o para disminuir la severidad de los fitopatógenos (Santamaría, 1996).

### 3.6.2. Propiedades físicas

El abono de lombriz presenta un aspecto terroso, de suave textura, flojo, limpio e inodoro y sus partículas son del tamaño del polvo (Angulo, 1994). Rodríguez *et al* (citados por García, 1996) al analizar vermicomposta de café encontraron porcentajes de arcilla que van del 48 al 38 y los del limo de un 46 a 26 y una capacidad de retención de humedad 1.3 veces su volumen, permitiéndole comportarse como "esponja" captadora de agua, con baja plasticidad y cohesión.

### 3.6.3. Propiedades químicas

Las propiedades químicas de la vermicomposta, están influenciadas básicamente por la especie de lombriz utilizada, la calidad y el tipo de residuo orgánico con que se alimenta, tal como lo demostró Aguilar (1997) al vermicompostear aserrín, papel y basura procedente del internado de la Universidad Autónoma Chapingo y obtener un producto con características fisicoquímicas adecuadas (Cuadro 8), material aceptable agronómicamente como abono orgánico.

**Cuadro 8. Características fisicoquímicas de vermicomposta**

Material	N (%)	m.o. (%)	C/N	pH	CIC(meq/100g)
Aserrín	2.44	51.82	12.9	9.1	25
Papel	1.87	40.6	12.9	9.3	25.8
Basura	1.7	38.86	12.2	9.2	22.82

Fuente: Aguilar, 1997

El contenido de nutrientes del lombriabono o vermicomposta según Gómez (1998) se detalla en el Cuadro 9, el cual presenta además una comparación con una composta común.

**Cuadro 9. Contenido de nutrientes de vermicomposta.**

Parámetro	Vermicomposta	Composta
PH	6.9	7.0
Conductividad eléctrica	1.43	4.0
Nitrógeno total (%)	0.316	0.220
Fósforo (ppm)	217.00	166.28
Potasio (ppm)	4 250.00	4 750.00
Calcio (ppm)	3 166.00	2 400.00
Magnesio (ppm)	1 556.00	1 000.00
Hierro (ppm)	25.9	SD
Boro (ppm)	7.19	2.0
Cobre (ppm)	26.40	SD
Manganesio (ppm)	233.11	SD
Zinc (ppm)	65.20	SD
Materia orgánica	18.6	SD
Humus (Kg/ton)	SD	100.0
Coefficiente de intercambio catiónico	18.72	SD
SD. Sin dato	ppm Parte por millón	

Fuente: Gómez, 1998

En términos generales, el abono de lombriz tiene las siguientes ventajas:

- Ayuda al desarrollo de la microflora y microfauna en los terrenos de cultivo.
- Aporta una gran cantidad de elementos nutritivos (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y boro) para el buen desarrollo de las plantas, además de que los libera lentamente según los vaya requiriendo el cultivo.
- Favorece la absorción de los nutrientes por parte de las raíces.
- Aumenta la capacidad de absorción del agua.
- Mejora las características de estructura (desligando los suelos arcillosos y agregando los suelos arenosos).
- Evita la presencia de clorosis férrica en los cultivos.
- Neutraliza la presencia de algunos contaminantes ( herbicidas, ésteres, fosfóricos, anticriptogámicos).
- Al presentar una baja relación carbono nitrógeno, permite su uso sin que exista competencia por nitrógeno entre los microorganismos del suelo y los cultivos que se desarrollan en él.
- Se comporta como hormona estimuladora del crecimiento vegetal (Hernández, 1996, Gómez, 1998).

### 3.7. Aplicación y efectos de la vermicomposta en los cultivos.

#### 3.7.1. Aplicación.

Gómez (1998), menciona que la vermicomposta es idónea para el cultivo de todo tipo de plantas, pudiendo ser empleada con excelentes resultados en la horticultura, fruticultura, cultivo de granos básicos, entre otros. López (Citado por García, 1996) por su parte, recomienda que este abono se aplique según su granulometría, agregando a las plantas que requieren ser nutridas de inmediato el más fino, el de granulometría media en la floricultura y horticultura y el más grueso en frutales y otras arbóreas. Las diferentes etapas en que se puede emplear la vermicomposta se muestran en el Cuadro 10.

**Cuadro 10. Epocas de aplicación de vermicomposta.**

Cultivo	Almacigo	Propagación	Transporte	Junto con fertilizante	Labores culturales
Frutales	X	Estacas	X	X 4-6 ton/ha	
Hortalizas	X		X	X	Última rastra
Ornamentales	X .5-1kg/m	Esquejes Acodo aéreo	X	X Flores de corte	Última rastra y aporque
Cultivos industriales y cereales	X		X	X	Última rastra y aporque
Forestales	X .5-1 kg/m		X		

Fuente: García, 1996; Gómez, 1998.

### **3.7.2. Efectos.**

El vermicomposteo, además de transformar una gran cantidad de basura, lodos, residuos agrícolas e industriales, permite obtener un producto rico biológicamente y orgánicamente superior, utilizando en todos los renglones de la producción agrícola (cultivo de tomate, pimiento, frijoles, ajo, cebolla, tabaco, maíz, etc.) logrando resultados significativamente satisfactorios en cuanto a germinación, floración, crecimiento, fructificación y rendimiento, con un ahorro del 20 al 25 por ciento de NPK y una ganancia prometedora (Martínez, 1998).

## **4.MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **4.1.Ubicación.**

El trabajo experimental se realizó dentro de las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada entre los paralelos 19°41' de latitud Norte y a los 99°11' de longitud oeste, a 2250 m.s.n.m., en el municipio de Cuautitlán Izcalli, México; específicamente en el área de producción de planta madre de la carrera de Ingeniero Agrícola.

### **4.2. Condiciones ambientales.**

El clima de la región corresponde al c (w) (w) b (1'), es decir, templado, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano e invierno seco (menos del cinco por ciento de la precipitación anual), con verano fresco y largo y una temperatura extremosa.

La temperatura media anual es de 15.7°C, presentándose una máxima promedio de 26.5°C y una mínima de 2.3°C. La precipitación media anual es de 605 mm, siendo julio el mes más lluvioso y febrero el mas seco (De la Teja, 1982).

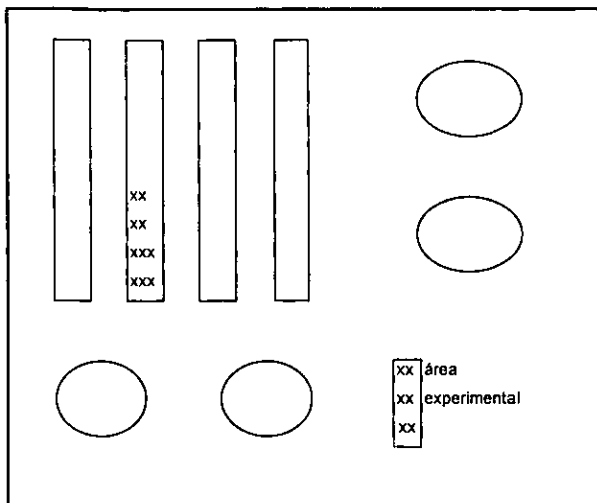
### **4.3. Características del área experimental.**

Parte del área de producción de planta madre compuesta por estructuras o camas de cemento de 15.0 x 1.5 x 0.40 m; fue acondicionada para montar el trabajo experimental (Figura 1); este acondicionamiento consistió en colocar una malla para proporcionar sombra y evitar en cierta medida el paso directo de la luz



y una mayor evaporación, que junto con la presencia de tezontle dentro de las camas permitió guardar más humedad en el área experimental.

**Figura 1. Ubicación del experimento en el área de producción y planta madre.**



#### **4.4. Residuos Orgánicos utilizados y densidad de población trabajada.**

Los materiales orgánicos que se emplearon para formar los diferentes lechos o tratamientos se obtuvieron del Centro de Producción Agropecuario de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, los cuales fueron: estiércol de ganado bovino, estiércol de equino y la combinación de los dos: estiércol de bovino + equino; el régimen alimenticio del primer tipo de ganado estuvo compuesta principalmente por forrajes verdes (alfalfa, avena), en el caso de los equinos se emplearon alimentos concentrados y heno, encontrando además de las heces de éstos la presencia de la viruta empleada en los pesebres del módulo de equinos de la Facultad, caso que no ocurre con la primera especie.

Las lombrices (*Eisenia foetida*) fueron obtenidas del Departamento de suelos de la Universidad Autónoma Chapingo y de la Empresa comunitaria Yollotlali de Tlalmanalco, México y las densidades de población sembradas o incorporadas fueron 0, 25 y 50 lombrices por unidad experimental, cuyas dimensiones fueron de 1.02 x 1.20 x 0.10 m.

#### **4.5. Diseño experimental.**

De acuerdo a las condiciones dadas en el área experimental y los factores de evaluación (residuos orgánicos y densidad de población) se estableció un arreglo experimental factorial completo con un arreglo completamente aleatorio del tipo tres por tres igual nueve tratamientos y cada uno de ellos con tres repeticiones, considerando tres diferentes residuos y tres densidades de población, incluyendo una sin lombrices como testigo. Finalmente la comparación de medias se realizó por la prueba Tukey.

#### **4.6. Parámetros a evaluar.**

Dados los objetivos del trabajo de investigación se plantearon los siguientes parámetros a evaluar:

##### **4.6.1. Determinación de la densidad de población.**

Considerando las dimensiones del trabajo y el número de unidades experimentales, se cuantificó el número de lombrices adultas, jóvenes y capullos en su totalidad, de forma directa en el material vermicompostado después de haber transcurrido 120 días de la incorporación.

#### **4.6.2. Determinación de las características fisicoquímicas de las compostas y vermicompostas obtenidas.**

El pH se determinó con el potenciómetro, porcentaje de materia orgánica por el método de Walkley y Black, nitrógeno total por el método de Kjeldahl, fósforo disponible por el método Olsen, potasio disponible por el método de acetato de amonio 1 N pH 7, calcio, magnesio y capacidad de intercambio catiónico por el método del Versenato.

#### **4.7. Tratamientos.**

Los tratamientos fueron los siguientes:

Tratamiento uno: Estiércol de bovino sin lombrices (b + 0)

Tratamiento dos: Estiércol de equino sin lombrices (e + 0)

Tratamiento tres: Estiércol de bovino y equino sin lombrices (be + 0)

Tratamiento cuatro: Estiércol de bovino + 25 lombrices (b + 25)

Tratamiento cinco: Estiércol de equino + 25 lombrices (e + 25)

Tratamiento seis: Estiércol de bovino y equino + 25 lombrices (be + 25)

Tratamiento siete: Estiércol de bovino + 50 lombrices (e + 50)

Tratamiento ocho: Estiércol de equino + 50 lombrices (e + 50)

Tratamiento nueve: Estiércol de bovino y equino + 50 lombrices (be + 50)

Para cada uno de éstos, se emplearon tres repeticiones, de las cuales, se obtuvo la densidad de población y las características fisicoquímicas finales.

#### **4.8. Manejo del experimento.**

##### **4.8.1. Residuos orgánicos.**

Después de trasladar los residuos orgánicos ( estiércol de bovino y equino ) al área experimental, se sometieron a un periodo de acondicionamiento de 30 días incluyendo un viraje y esparcimiento con la finalidad de alcanzar valores óptimos de pH 7 a 8.2 y temperatura menor a 30°C (Gómez, 1998); signos que nos permiten saber que se ha superado ya la fase de fermentación, lo cual permitirá que las lombrices tengan un lecho óptimo para que realicen sus actividades vitales.

##### **4.8.2. Preparación de camas o lechos.**

Para separar cada uno de los tratamientos y colocar los lechos, se emplearon 27 cajones de madera con una dimensión de 0.34 x 0.40 x 0.10 m con pequeños orificios para drenar si era necesario el exceso de agua. En cada uno de los cajones se colocaron cuatro kg de residuos orgánicos, 100 por ciento de estiércol de bovino y 100 por ciento de estiércol de equino en los tratamientos de bovino y equino respectivamente y en los tratamientos de bovino + equino 50 por ciento de cada uno de ellos.

La distribución de los tratamientos dentro del área experimental fue al azar, ilustrándose ésta en el Cuadro 11.

**Cuadro 11. Distribución de tratamientos.**

E b + 25 L	E b + 50 L	E be + 25 L
E e + 25 L	E e + 25 L	E b + 25 L
E b + 25 L	E e + 0 L	E e + 50 L
E b + 50 L	E b + 0 L	E e + 0 L
E e + 50 L	E e + 0 L	E e + 25 L
E b + 50 L	E be + 50 L	E be + 50 L
E b + 0 L	E e + 50 L	E be + 0 L
E be + 50 L	E be + 25 L	E b + 0 L
E be + 25 L	E be + 0 L	E e + 0 L

#### **4.8.3. Incorporación de lombrices.**

Antes de realizar la incorporación se midió el pH de los residuos orgánicos, obteniendo valores de 7.96, 7.86 y 7.9 para el estiércol de bovino, estiércol de equino y bovino + equino respectivamente, de igual modo, antes de esta actividad se humedecieron los diferentes lechos, buscando con ello que existiera una humedad apropiada de 80 a 85 por ciento (Martínez, 1998), y que los residuos estuvieran desmenuzados y no apelmazados.

En la incorporación se emplearon únicamente lombrices adultas, es decir aquellas que presentaron clitelio con la finalidad de que existieran condiciones más homogéneas para la evaluación.

#### **4.8.4. Riego.**

Los riegos se efectuaron generalmente cada tercer día, o inclusive diario, dependiendo esto de las condiciones climáticas que se presentaron durante el periodo de investigación; procurando con ello mantener una humedad de 80 a 85 por ciento (Martínez, 1998) y evitando un exceso de humedad que propiciaría encharcamientos o lixiviación de nutrientes de los lechos.

#### **4.8.5. Separación de lombrices y vermicomposta.**

La separación de lombrices y vermicomposta o abono de lombriz, se llevó a cabo después de 120 días de haber incorporando las lombrices a los diferentes lechos, efectuándose la primera con la finalidad de obtener la población final y la segunda, para realizar sus determinaciones fisicoquímicas de: pH, porcentaje de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio disponibles, calcio, magnesio y, capacidad de intercambio catiónico.

#### **4.8.6. Preparación de la muestra.**

Para el análisis fisicoquímico de las vermicompostas primero se procedió a preparar las muestras; es decir secar el material vermicompostado en un sitio sombreado y a tamizarlo posteriormente.

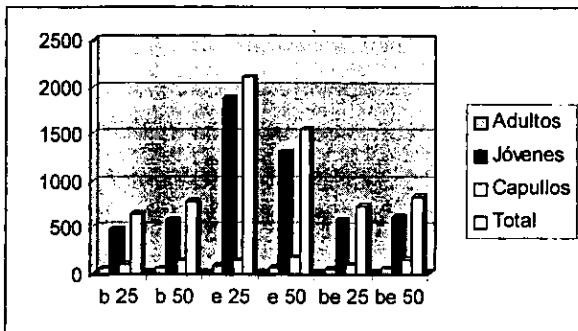
## 5.RESULTADOS

### 5.1.Efecto del lecho y densidad de población

Un mayor o menor crecimiento y reproducción de las lombrices durante el proceso de vermicomposteo está en función del comportamiento de éstas dentro de los diferentes lechos empleados así como de sus características, resultado de un manejo previo; dichos valores proporcionan una idea de la preferencia de ellas por los residuos orgánicos con que se trabajó en esta investigación y la calidad de la vermicomposta obtenida con cada uno de ellos.

Es así que con los resultados obtenidos podemos asegurar que el residuo orgánico empleado como lecho y la densidad de población inicial incorporada más apropiados para el crecimiento de las lombrices al presentar el mayor incremento en la población total (adultos, jóvenes y capullos) al finalizar el trabajo experimental, fueron el estiércol de equino y la densidad de 25 lombrices (Gráfica 1). El caso contrario se presentó al utilizar estiércol de bovino y la densidad inicial de 25 y 50 lombrices. Los resultados totales del número de adultos, jóvenes y capullos por tratamiento se pueden observar en el Cuadro 12.

**Gráfica 1. Efecto del lecho y densidad sobre la población total de lombrices.**



**Cuadro 12. Número total de lombrices adultas jóvenes y capullos.**

Tratamiento	Adultos	Jóvenes	Capullos	Total
E b 25	55	480	101	636
E b 50	55	580	140	775
E e 25	83	1873	141	2107
E e 50	64	1308	176	1548
E be 25	53	580	93	726
E be 50	56	610	153	829

**5.1.1. Comportamiento de adultos.**

El comportamiento de los adultos en los diferentes lechos no fue homogéneo, presentándose en el estiércol de equino el valor más alto, seguido de la combinación de bovino + equino y en último sitio el de bovino (Cuadro 12 y 13)

**Cuadro 13. Número de lombrices adultas.**

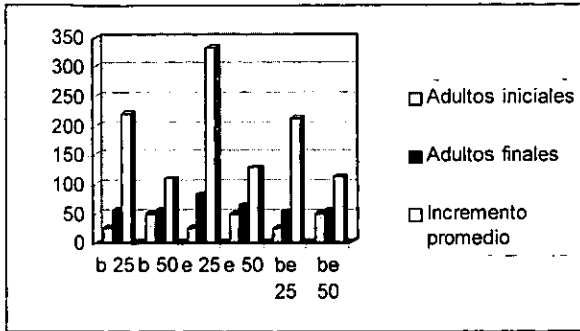
Lecho	Densidad inicial de lombrices	Promedio final de lombrices
Bovino	25	55 a
Equino	25	83 a
Bovino + equino	25	53 a
Bovino	50	55 a
Equino	50	64 a
Bovino + equino	50	56 a

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $\alpha = 0.05$ ).

Considerando la densidad de población incorporada y el número de adultos al finalizar el trabajo, la densidad que permitió generar mayor cantidad fue la de 25 lombrices, dado que se incrementó en promedio un 254 por ciento; en tanto, que para los tratamientos con una densidad inicial de 50 lombrices el rendimiento se incrementó en 116 por ciento (Gráfica 2). Aun así, el comportamiento de adultos en los diferentes residuos y con las densidades iniciales no presentó diferencia estadística (Cuadro 13).



**Gráfica 2. Incremento promedio de adultos en relación con la densidad inicial.**



### 5.1.2. Comportamiento de jóvenes.

De acuerdo al número de lombrices jóvenes contabilizadas en los tres diferentes lechos, los tratamientos de estiércol de equino fueron de mayor preferencia para éstas al registrar 3181 jóvenes (Cuadro 12) seguidos por los de bovino + equino (1190) y en último sitio los de bovino (1060); estadísticamente no existió diferencia entre los tratamientos de equino con 25 y 50 lombrices, no así en los restantes tratamientos (b +25, b + 50, be + 25 y be + 50) donde se presentó una diferencia mínima con respecto a los primeros (Cuadro 14); cabe señalar que la densidad inicial incorporada de 25 lombrices permitió generar mayor número de individuos (25 por ciento).

**Cuadro 14. Número de lombrices jóvenes.**

Lecho	Densidad inicial de lombrices	Promedio final de jóvenes
Bovino	25	480 b
Equino	25	1873 a
Bovino + equino	25	580 b
Bovino	50	580 b
Equino	50	1308 a
Bovino + equino	50	610 b

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $\alpha = 0.05$ ).

### 5.1.3. Comportamiento de los capullos.

Para el caso de los capullos, el estiércol de equino con 50 lombrices y el de bovino + equino con 25 lombrices permitieron generar la mayor y menor cantidad de éstos respectivamente, pero no existió diferencia estadística entre ellos (Cuadro 15); los tratamientos con una densidad inicial de 50 lombrices registraron una mayor cantidad de capullos en comparación con aquellos tratamientos donde se incorporaron 25 individuos, siendo 21 por ciento mayor.

**Cuadro 15. Número de capullos obtenidos por tratamiento.**

Densidad	Bovino	Equino	Bovino + equino
25 lombrices	101 a	141 a	93 a
50 lombrices	140 a	176 a	153 a

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey  $\alpha = 0.05$ ).

### 5.2. Resultados de los análisis fisicoquímicos de las compostas y vermicompostas

La vermicomposta obtenida con los diferentes residuos orgánicos después de 120 días en presencia de las lombrices se comparó con los tratamientos testigo composteados de manera tradicional (sin la participación de lombrices) y en donde a partir de los análisis realizados se determinaron las características fisicoquímicas de ambas, empleando para la interpretación de los resultados las clasificaciones de Moreno, (1978) para el pH y nitrógeno total, la de Moreno, (1970) para el porcentaje de materia orgánica, la de Velasco, (1998) para el fósforo y potasio disponibles, la de Etchevers, (1971) para el calcio y magnesio y la de Reyes, (1996) para la capacidad de intercambio catiónico.

## 5.2.1. Características fisicoquímicas de residuos orgánicos.

### 5.2.1.1. Estiércol de bovino.

El estiércol de bovino presentó un pH de 7.96 que corresponde a medianamente alcalino. Por su contenido de materia orgánica (3.60 por ciento) se clasifica como un material rico, misma clasificación que recibe por el contenido de nitrógeno total (0.95 por ciento). Con relación al fósforo y potasio; se obtuvieron valores de 1272 ppm y 5250 ppm respectivamente, concentraciones que los clasifican como muy alto y extra rico. En cuanto a su contenido de calcio y magnesio ( 5.8 y 1.2 meq/100 gr. respectivamente) es medio y su capacidad de intercambio catiónico es muy alta: 52.6 meq/100 gr. (Cuadro 16)

**Cuadro 16. Análisis fisicoquímico de las compostas y vermicompostas.**

trat	PH *	m. o. %*	Nt %	P ppm *	K ppm *	Ca * meq/100g	Mg * meq/100g	CIC * meq/100g
Eb + 0	7.96	3.60	0.95	1272	5250	5.8	1.2	52.6
Eb + 25	7.74	4.53	1.27	1124	4875	8.0	2.5	64.0
Eb + 50	7.83	4.39	1.15	10.69	11000	7.2	1.5	60.6
Ee + 0	7.86	3.91	1.03	1105	9750	4.5	2.5	50.0
Ee + 25	7.48	5.61	1.37	1249	6625	9.2	3.0	73.0
Ee + 50	7.66	5.12	1.11	1272	10750	7.5	2.7	55.0
Ebe + 0	7.90	3.76	0.90	968	5625	4.0	2.0	57.0
Ebe + 25	7.69	4.64	1.20	1124	3750	7.7	2.0	60.3
Ebe + 50	7.72	4.19	1.14	1245	4625	6.8	2.8	60.0

Análisis efectuados en el Laboratorio de suelos de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán\* y en el Laboratorio del Área de Química de suelos del Colegio de postgraduados.

25 y 50 = tratamientos con lombrices, Eb = estiércol de bovino, Ee = estiércol de equino, Ebe = estiércol de bovino y equino.

### 5.2.1.1. Estiércol de equino.

Este presentó un pH medianamente alcalino (7.86); un porcentaje de materia orgánica de 3.91 lo clasifica como un material rico, así mismo por su contenido de nitrógeno total (1.03 por ciento) se encuentra clasificado como rico. En lo que respecta al fósforo (1105 ppm) y potasio (9750 ppm) se clasifican como

muy alto y extra rico. La cantidad de calcio de 4.5 meq/100 gr. Y magnesio 2.5 meq/100 gr., es baja y media respectivamente y su capacidad de intercambio catiónico (50.0 meq/100 gr.) es muy alta (Cuadro 16).

#### **5.2.1.2. Estiércol de bovino + equino.**

La combinación de estiércol de bovino y equino, presentó un pH de 7.9 es decir medianamente alcalino, clasificándose en un material rico por su porcentaje de materia orgánica (3.76); obteniendo la misma clasificación por su contenido de nitrógeno total (0.90 por ciento). Los valores de fósforo y potasio lo describen como un residuo muy alto y extra rico al contar con 968 y 5625 ppm respectivamente. El contenido de calcio es bajo y el de magnesio medio (4.0 y 2.0 meq/100 gr.) y en cuanto a su capacidad de intercambio catiónico esta fue muy alta: 57.0 meq/100 gr. (Cuadro 16).

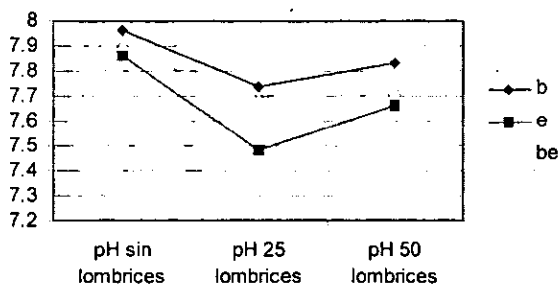
### **5.2.2. Características fisicoquímicas de residuos vermicomposteados.**

#### **5.2.2.1. Estiércol de bovino.**

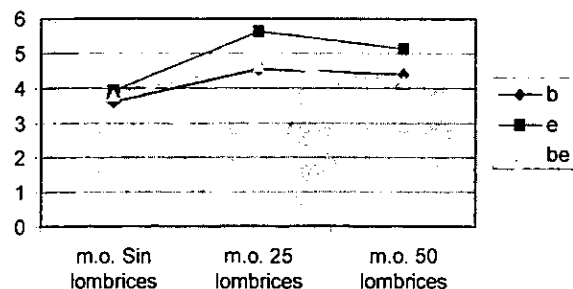
Los tratamientos con estiércol de bovino vermicomposteados con las densidades de 25 y 50 lombrices presentaron una disminución en su pH de 7.96 a 7.74 y a 7.83 respectivamente, es decir ligeramente alcalinos; caso contrario sucedió con el porcentaje de materia orgánica al incrementarse éste de 3.60 a 4.53 y a 4.39, valores que permiten clasificarlos como materiales extremadamente ricos. Igual situación se presentó con el contenido de nitrógeno total al pasar de 0.95 a 1.27 y a 1.15 por ciento tanto con 25, como con 50 lombrices respectivamente; sin embargo, en cuanto a límites de clasificación, su categoría siguen siendo materiales ricos. El fósforo disponible por su parte, registró un descenso de 1272 a 1124 y a 1069 ppm con ambas densidades de población,

ubicándolos así en una clasificación de muy alto en fósforo. En el caso del potasio; con la densidad inicial de 25 lombrices se presentó una disminución de 5250 a 4875 ppm, y para la de 50, se registró un incremento de 5250 a 11000 ppm, por lo que se clasifica como un material extra rico en potasio. El contenido de calcio se incrementó de 5.8 a 9.2 y a 7.9 meq/100 gr., no logrando sin embargo, un cambio en su clasificación de media. En cuanto al magnesio y pese a haberse registrado un incremento de 1.2 a 2.5 y a 1.5 meq/100 gr., el contenido de éste lo ubica en la misma clasificación: media. La capacidad de intercambio catiónico se incrementó de 52.6 a 64.0 y a 60.6 meq/100 gr., permaneciendo como un material con alta capacidad de intercambio (Cuadro 16 y Gráfica 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10).

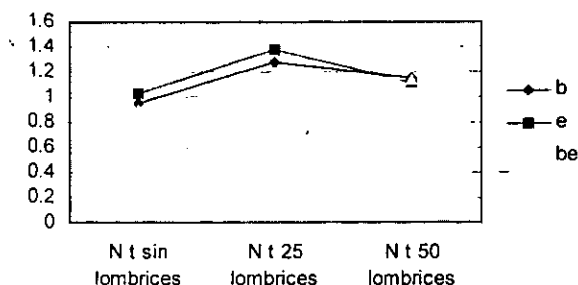
**Gráfica 3. Variación del pH.**



**Gráfica 4. Variación del porcentaje de la materia orgánica.**



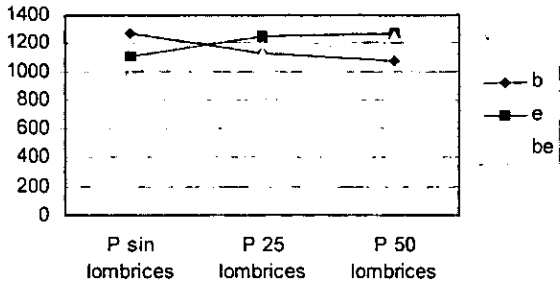
**Gráfica 5. Variación del porcentaje del nitrógeno total.**



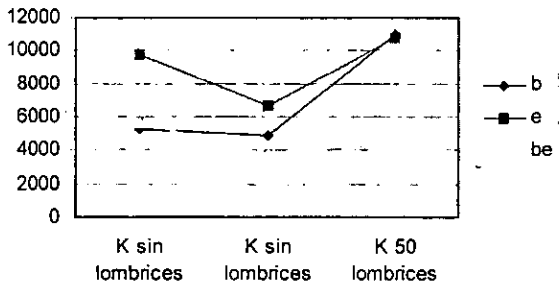
#### **5.2.2.2. Estiércol de equino.**

El estiércol de equino vermicompostado con 25 y 50 lombrices incorporadas inicialmente presentaron una disminución en sus valores de pH de 7.86 a 7.48 y a 7.66 respectivamente, los cuales corresponden a ligeramente alcalinos. El porcentaje de materia orgánica se incrementó de 3.91 a 5.61 y a 5.12 al incorporarse 25 y 50 individuos, clasificándolos como extremadamente ricos. El nitrógeno total de igual modo aumentó de 1.03 a 1.37 y a 1.11 por ciento y el fósforo de 1105 a 1249 y a 1272 ppm, valores que los ubican como materiales ricos y muy alto respectivamente. El contenido de calcio se incrementó con ambas densidades de población de 4.5 a 8.0 y a 7.5 meq/100 gr., sin presentar cambio debido a este incremento en la clasificación de media. Por otro lado, el contenido de magnesio, presentó un incrementos al emplear 25 y 50 lombrices (de 2.5 a 3.0 y a 2.7 meq/100 gr.), sin embargo, en ambos casos no cambio la clasificación de media de acuerdo a su contenido. La capacidad de intercambio catiónico aumentó de 50.0 a 73.0 y a 55.0 meq/100 gr., valores muy altos (Cuadro 16 y Gráfica 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10).

**Gráfica 6. Variación del fósforo disponible (ppm).**



**Gráfica 7. Variación del potasio disponible (ppm).**

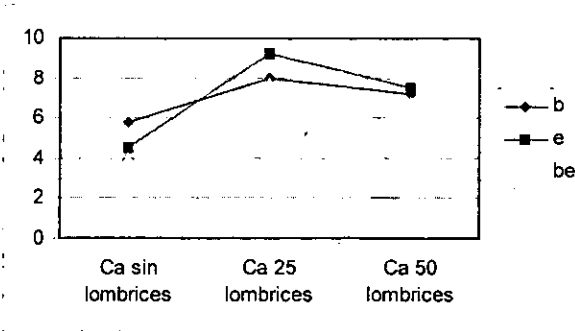


**5.2.2.3. Estiércol de bovino + equino.**

El pH de la mezcla de estiércol de bovino y equino vermicomposteados con ambas densidades, registraron una disminución de 7.90 a 7.69 y a 7.72 cambiando de medianamente a ligeramente alcalinos. Por su contenido de materia orgánica, se registraron cambios de rico a extremadamente rico al incrementarse de 3.76 a 4.64 y a 4.19 por ciento para ambas densidades. El nitrógeno total y fósforo disponible, de igual modo sufrieron un aumento de 0.90 a 1.20 y a 1.14 por

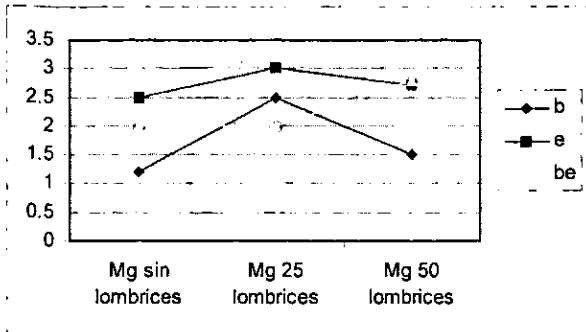
ciento y de 968 a 1124 y a 1245 ppm respectivamente, clasificándose de acuerdo a ello en ricos y con contenido muy alto. Caso contrario sucedió con el contenido del potasio al disminuir de 4625 a 3750 ppm cuando se incorporaron 25 lombrices y a 4625 ppm con 50 lombrices, por lo que se clasifican como extra rico. En lo que a su contenido de calcio se refiere se presentó un aumento de 4.0 a 7.7 y a 6.8 meq/100 gr., conservándose aun así en su clasificación como un material medio en calcio. Para el caso del magnesio al emplear 25 lombrices no se presentó cambio alguno (2.0 meq/100 gr.); no así con 50 lombrices donde se incrementó a 2.8 meq/100 gr., permaneciendo sin embargo para ambos casos, como materiales con contenidos medios. Por otro lado, la capacidad de intercambio catiónico se incrementó de 57.0 a 60.3 y a 60.0 meq/100 gr., valores muy altos (Cuadro 16 y Gráfica 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10).

**Gráfica 8. Variación del calcio (meq/100 gr.).**

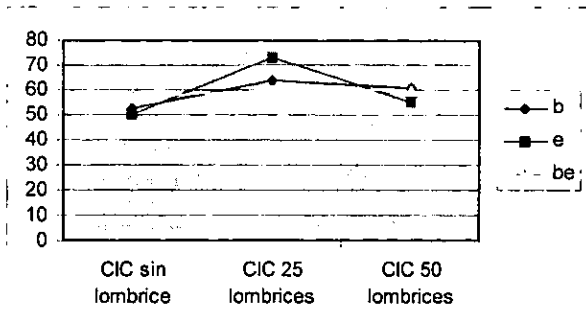




**Gráfica 9. Variación del magnesio (meq/100 gr.).**



**Gráfica 10. Variación de la capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr.).**



## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

El comportamiento de las lombrices fue mejor en los tratamientos con estiércol de equino, indicador de ello fueron los valores obtenidos de adultos, jóvenes y capullos resultado de la preferencia por el mismo; dicha preferencia obedeció no sólo al ser el residuo orgánico con menor pH, factor de suma importancia para el crecimiento y desarrollo de las lombrices, las cuales al encontrarse en un lecho con un mayor valor y pese a que no era letal para ellas, disminuyeron su actividad y rendimiento gradualmente en los restantes tratamientos: bovino + equino y bovino.

El contenido de materia orgánica (entendiendo por este que son los restos de plantas o animales en diferentes estados de descomposición, así como la base microbiana), en los diferentes residuos orgánicos empleados influyó de igual modo en el comportamiento de las lombrices, dado que al encontrarse en un lecho de materiales con un mayor grado de putrefacción o porcentaje de materia orgánica (caso de los tratamientos con estiércol de equino) se desarrollaron mejor al contar con un alimento en un estado adecuado para ellas, caso contrario ocurrió en los tratamientos de estiércol de bovino, los cuales contaron con un menor valor de materia orgánica.

Dichos contenidos de materia orgánica se vieron afectados en primera instancia por el tipo de alimentación que recibieron las dos especies en cuestión; para el caso del ganado equino los alimentos concentrados y el heno proporcionaron un mayor contenido de celulosa y ligninas en sus eyecciones; además de la proporcionada por la viruta presente en los pesebres y que se revolvió con su estiércol; no así con el ganado bovino donde no se empleó esta última y su alimentación básicamente consistió en forrajes verdes (alfalfa).

Considerando la densidad inicial de población incorporada y pese a lo que se pudiese esperar, la densidad de población que permitió generar más individuos fue la de 25 lombrices por unidad experimental, situación que se presentó no sólo por existir entre las lombrices una mayor competencia por alimento cuando se incorporaron 50 lombrices, sino también por la disminución en sus actividades de desarrollo y reproducción al alcanzar un tope por la falta de alimento y espacio; dichas situaciones no se presentan al incorporar 25 individuos por cajón, ni por registrar los tratamientos con esa densidad mayor número de lombrices jóvenes (ver Cuadro 12 y 14), dicha cantidad no propició que existiera falta de alimento, dado que no es ingerida la misma cantidad de alimento por una lombriz joven que por una adulta.

El mayor número de capullos encontrados a los 120 días con la densidad de 50 lombrices respalda lo antes expresado (335 y 469 con 25 y 50 lombrices respectivamente) debido a que al existir una mayor concentración de lombrices éstas disminuyen la eficiencia en su desarrollo, afectando directamente su periodo de acoplamiento, disminuyendo la formación de capullos y con ello la eclosión de las lombrices, encontrando por esto más capullos que de existir en otras condiciones, ya habrían eclosionado. Siendo evidente por tanto, que se presenta una mayor eficiencia de desarrollo por individuo con un número menor de lombrices para el volumen trabajado (1.02 x 1.20 x 0.10 m.) que cuando se tienen mayores concentraciones iniciales, concordando así nuestros resultados, con los de Trejo,(1995); en donde al establecer el cultivo de lombrices con tres, seis y 12 individuos por kg de estiércol determinó que con la primera se tiene mayor desarrollo de la población.

La acción de las lombrices en los diferentes residuos orgánicos empleados como lechos, propiciaron cambios en sus características fisicoquímicas, resultado de la transformación que sufren al ser ingeridos y digeridos por las mismas. El pH disminuyó en todos los residuos vermicomposteados, atribuido esto a la

segregación de carbonato de calcio efectuada por las lombrices para neutralizar los ácidos presentes en los residuos ingeridos.

El comportamiento del pH en los tratamientos donde se empleó estiércol de equino y donde se incorporaron inicialmente 25 lombrices, tendió más hacia la neutralidad debido a que al generarse más adultos y jóvenes, con este material y esta densidad, la cantidad de residuos ingeridos y digeridos fue mayor, permitiendo con ello que existieran probablemente mayores concentraciones de carbonato de calcio resultado del mismo proceso alimenticio de las lombrices.

El contenido de materia orgánica se incremento en cada uno de los tratamientos vermicomposteados, dichos valores registrados se deben en parte al origen mismo de los residuos y por otro lado, a la acción de transformación y descomposición que sufren éstos no sólo por las lombrices, sino también por diversos microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos, etc), todos ellos en conjunto, descomponen a la materia orgánica original biodegradando la lignina (ligninólisis), las celulosas (celulólisis), el almidón (amilolisis) y las proteínas (proteolisis y amonificación).

Considerando la gran actividad que realizan las lombrices con el material orgánico al pasarlo a través de su intestino, y que se presentó una mayor eficiencia en sus actividades de reproducción de éstas cuando se tuvieron menos individuos y cuando se empleo estiércol de equino, el contenido de materia orgánica en los tratamientos con una densidad de 50 lombrices y con estiércol de bovino fue menor.

El nitrógeno total también se incremento en todos los tratamientos con 25 y 50 lombrices, y pese a que no fue muy marcado, se puede considerar que fue resultado no sólo del contenido original de los residuos ingeridos, sino de las secreciones de mucoproteínas y orina de las propias lombrices las cuales al acelerar el proceso de descomposición de los residuos orgánicos por

fragmentación de la materia orgánica, permiten que la mayoría del nitrógeno se convierta a nitratos disponibles por un aumento en la actividad de los microorganismos; entre ellos las bacterias nitrificantes. Encontrando así los valores más altos de este elemento esencial en los tratamientos con la menor densidad y para el estiércol de equino.

Los valores de fósforo y potasio no fueron muy contrastantes entre los residuos vermicomposteados (con 25 y 50 lombrices) y los diferentes residuos originales; influyendo en este caso el hecho de que las concentraciones de fósforo en los residuos originales son muy altas, y por otro lado que son pequeñas las cantidades excretadas por las lombrices, pese a que puede existir una alta actividad fosfatasa debido a que se incrementa el fósforo inorgánico por la mineralización del orgánico.

Los valores de calcio y magnesio que se obtuvieron en los residuos vermicomposteados, no difieren mucho de aquellos en los que no intervinieron las lombrices; para el caso del calcio y a pesar de que las lombrices liberan carbonato de calcio por medio de sus glándulas calcíferas éstas tienen que emplear y liberar parte de él sobre su alimento para poder ingerirlo, de ahí que no existan diferencias notorias en el contenido de calcio en todos los tratamientos con y sin lombrices.

La mayor concentración de calcio en los tratamientos con la densidad de 25 lombrices además de lo antes mencionado, se debió no sólo al mayor número de lombrices generadas con esta densidad de población, sino también a la liberación de carbonato de calcio, al existir una mayor concentración de materia orgánica.

La disponibilidad del magnesio, de igual modo se vio influenciada por el porcentaje de materia orgánica, pues a mayor contenido de ésta mayor la disponibilidad del primero; todo ello sin olvidar que los tratamientos de equino con

25 lombrices presentaron mayor porcentaje de materia orgánica, caso contrario a los de bovino.

La capacidad de intercambio catiónico presentada en todos los tratamientos supone una buena adsorción de cationes intercambiables, entre ellos, calcio y magnesio presentes en cada uno de los residuos orgánicos, de ahí que al existir una mayor capacidad de intercambio en los tratamientos con lombrices, sea mayor la disponibilidad de calcio y magnesio en los mismos tratamientos. Caso contrario se presenta en los tratamientos con menor capacidad de intercambio. Dicha capacidad al ser influenciada por el contenido de materia orgánica, disminuyó o aumentó conforme este contenido lo hizo, tal es el caso del estiércol de equino con 25 lombrices que presentó el mayor contenido de materia orgánica, la mayor capacidad de intercambio catiónico y por ende la mayor disponibilidad en calcio y magnesio.

## 7. CONCLUSIONES.

1. El aprovechamiento de diferentes residuos orgánicos a través de su procesamiento por lombrices que aceleran su descomposición, es posible con el vermicomposteo, variante del composteo donde se utiliza a la lombriz de tierra Eisenia foetida principalmente; Proceso que permite al mismo tiempo, eliminar grandes concentraciones de desechos que pudiesen generar problemas de mal olor, presencia de organismos patógenos y contaminación. De esta forma, el vermicomposteo, permite a partir de la dinámica alimenticia y de reproducción de Eisenia foetida mejorar las características de los residuos procesados.

2. La composición química del vermiabono depende de la calidad y el tipo de residuo orgánico empleado para alimentar a las lombrices, residuos con contenidos adecuados de proteínas, celulosa, fibra, pH, etc., influirán positivamente en el desarrollo de las mismas, permitiendo con ello obtener un abono de gran potencial para ser utilizado en la agricultura.

3. De los residuos orgánicos empleados en esta investigación y para las condiciones generales trabajadas, el estiércol de equino fue el que favoreció el mayor desarrollo de la lombriz; al encontrarse en él un mayor número de individuos, resultado de un mejor desarrollo y reproducción bajo las condiciones presentes en el lecho: valores de pH, humedad, estado de putrefacción, tipo de alimento procesado por el animal.

4. La densidad inicial que permitió generar el mayor número de individuos fue la de 25 lombrices, debido a que fue mayor la eficiencia de los individuos cuando se presentaron concentraciones bajas, siendo la competencia por el alimento, el factor determinante sobre la población.

5. La acción de las lombrices sobre el pH fue determinante, dado que en todos los tratamientos vermicomposteados disminuyó; tendiendo más hacia la neutralidad en los tratamientos de estiércol de equino y con la densidad de 25 lombrices, es así que las lombrices ejercen un efecto neutralizador o tampón sobre los residuos orgánicos que ingieren y digieren.

6. El contenido de nutrimentos esenciales para el desarrollo de las plantas como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio así como de materia orgánica en términos generales, se incrementó en los residuos orgánicos por la acción de las lombrices, las cuales al procesar los residuos e ingerirlos, los desdoblan en sustancias más simples y excretan sustancias enriquecidas por microorganismos, siendo el estiércol de equino y la densidad inicial de 25 lombrices las que le confirieron mejores características nutricionales a los residuos vermicomposteados.

7. Dada la aportación de información y conocimientos que se vierten en este tipo de investigación y ante la posibilidad de que quedaran interrogantes se recomienda continuar o abrir nuevos puntos de investigación no sólo para determinar una densidad de población más apropiada con base en los resultados aquí obtenidos, sino también, para evaluar por un lado las características biológicas de la vermicomposta, dado que son un elemento de suma importancia e influencia en el suelo y por otro lado el rendimiento en especies de interés económico al incorporar la vermicomposta como abono.

8. La aplicación del proceso de vermicomposteo, dado el aprovechamiento de diversos desechos orgánicos, tiene un fuerte impacto en el ámbito ecológico no sólo por reciclar a éstos sino por permitir en cierta medida continuar un ciclo en el que se deben restituir al suelo aquellos elementos y materia orgánica que le fueron sustraídos. En cuanto a la elaboración de vermicomposta además de permitir por sí misma aprovechar todo residuo biodegradable y mejorar las características del suelo con su aplicación, tiene un efecto positivo en el ámbito



social, al crear posibles fuentes de empleo, así como en el económico, al obtener un producto apreciado y cada vez con mayor demanda en las actividades agrícolas. Es así y por todo ello, que se le debe prestar mayor atención, tiempo y recursos a aquellas actividades e investigaciones que se relacionen con el proceso de vermicomposteo para con ello aprovechar sus múltiples beneficios.

## 8.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aguilar, G., A.1987. Estudio del estiércol de bovino en el área de influencia de Chapingo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.14-30.
- Aguilar, B., G. 1997. Uso potencial de la lombriz de tierra Eisenia foetida en la transformación de desechos sólidos orgánicos en Chapingo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 12-20.
- Angulo, C.,A. 1994. La lombricultura, una alternativa para la producción orgánica , 24-25. In Agrovisión: 14, año 2. México.
- Aranda, D.,E. 1989. Perspectivas de la utilización de lombrices en la transformación de la pulpa de café en abono orgánico. 1-8. In Boletín técnico de café: 7.
- Bouche, M.B. 1985. Los gusanos de tierra, 954-963. Mundo Científico (4):40.
- Compagnoni, L., G.; Putzoli. 1985. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. De Vecchi, Barcelona, España, 127p.
- Cruz, M., S. 1986. Abonos orgánicos : manejo, procesamiento y utilización, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, 1-10.
- Cruz, S., O. 1994. Tópicos selectos de la producción agrícola actual. La agricultura orgánica como una alternativa para la agricultura sustentable. Trabajo de Seminario de titulación. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, México, 15-55.

- Cruz, V., L. 1996. Tópicos selectos de producción agrícola actual. La sustentabilidad en la producción de café orgánica en la comunidad de Guadalupe Guevara, Guevara de Humboldt, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. México, 21-26.
- Delgado, M., M, Bigeriego, I. Walter, R. Calvo 1994. Aplicación de la lombriz roja de california en la transformación de lodos de depuradoras urbanas, 33-10. In Turriaba (45) : 1-2. Madrid España.
- De la Teja, A., O. 1982. Estudio de las características edáficas de los suelos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. México. p 36.
- Etchevers. 1971. Interpretación de los contenidos de calcio y magnesio extraíbles. In: Fundamentos teórico prácticos de temas selectos de la Ciencia del suelo, Parte I., de I. Reyes J. 1996. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
- FAO, 1991. Producción sostenible : consecuencias para la investigación agraria internacional, Roma , Italia, 131p.
- Ferruzi, C. 1987. Manual de lombricultura. Mundi-Prensa. Barcelona España. 138p.
- Ferruzi, C. 1994. Manual de lombricultura. Mundi-Prensa. Barcelona España. 138 p.
- García, C.,R. 1996. Vermicomposta e inoculación micorrizica en maíz y cebolla cultivados en tepetate. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México 15-24.

- García-Pérez, R. E. 1996. La lombricultura y el vermicomposta en México. 27-33. In Agricultura orgánica : una opción sustentable para el agro mexicano . Chapingo, México.
- Gliessman, S.R. 1993. Agroecología en América Latina : experiencias con la investigación de las bases ecológicas de la sostenibilidad en los agro ecosistemas de México. 1-7. In Agroecología, sostenibilidad y Educación. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 1-7.
- Gómez, C., M. A.; L. Gómez T. 1996. Expectativas de la agricultura orgánica en México. 35-42. Agricultura orgánica: una opción sustentable para el agro mexicano. Chapingo, México.
- Gómez, A.,A. 1997. Tópicos selectos de la producción agrícola actual. Una experiencia de agricultura orgánica en el Municipio de San Salvador Atenco, México, como alternativa de desarrollo sustentable. Trabajo de Seminario de Titulación. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. México. 6-29.
- Gómez, T.L. 1997. Expectativas de la agricultura orgánica en México. Curso taller de agricultura orgánica, México. 1-22.
- Gómez, T.L. 1998. Manuel de lombricultura. Instituto Nacional de Capacitación del Sector Agropecuario. INCA RURAL, México, 43p.
- Gómez, Z.,J. 1995. Uso de lombricompuesto en la producción comercial del crisantemo *Chrysanthemum morifolium* Ramat. 79-84. In Acta agronómica. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias : 45 :1.

- González, J.,C. 1992. Chinampas prehispánicas. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México. 8-16.
- Hernández, F.,V. 1996. Tópicos selectos de la producción agrícola actual. Importancia de la utilización de las lombrices Eisenia foetida, en la conservación del suelo como una alternativa en el manejo de una agricultura sostenible. Trabajo de Seminario de Titulación. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. México. 8-32.
- Hernández, V., J.E. 1996. Tratamiento de residuos sólidos orgánicos urbanos utilizando lombriz de tierra Eisenia foetida Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 19-28.
- John, J. 1991. La composta.
- Lazcano, C.,J.C. 1987, Anélidos, roca fosfórica, azufre y fosfato monoamónico como aditivos del estiércol bovino en la biosíntesis de fertilizantes órgano minerales y su evacuación agronómica. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 1-32.
- López, A., G. 1998. Efecto del estiércol bovino con diferente tiempo de maduración en el proceso de estabilización de la basura orgánica urbana. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 97 p.
- Martínez, M.,F. 1998. Lombricultura. Federación de productores rurales del Estado de México. 1-15.

## ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

- Moreno, 1970. Interpretación del contenido de materia orgánica. In: Fundamentos teórico prácticos de la Ciencia del suelo, Parte I. de: I. Reyes J. 1996. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa.
- Moreno, 1978. Interpretación de los contenidos de nitrógeno total. In: Fundamentos teórico prácticos de la Ciencia del suelo, Parte I. de: I. Reyes J. 1996. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa.
- Núñez, E.,R. 1981. Principios de fertilización agrícola con abonos orgánicos. 57-63. In Monroy, O.H. Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. Editorial AGT. México.
- Núñez, E.,R. 1993. Los fertilizantes órgano minerales en la agricultura sostenible. 98-103. In Ferrera, C.,R. Agroecología, sostenibilidad y educación. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados . Montecillos, México.
- Recicla. 1996. Conceptos básicos sobre los fertilizantes. Boletín técnico #1. Grupo Recicla.
- Restrepo, R.,J. 1997. Abonos verdes. Curso taller de agricultura orgánica. México. 1-11.
- Reyes, J., I. 1996. Fundamentos teórico prácticos de temas selectos de la ciencia del suelo, parte I. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.36-60.
- Rojas, R.,T. 1983. La agricultura chinampera. Compilación histórica. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 21-30.

- Ruiz, F.,J.F. 1993. La agricultura orgánica, alternativas para el campo mexicano. Ed. Fontamara. México. 152-181.
- Ruiz, F.,J.G. 1999. La agricultura orgánica, mejor alternativa para mitigar los impactos de la crisis en el agro mexicano. 43-52. In Claridades Agropecuarias : 73. Suplemento. México.
- Salazar, M., M.V. 1997. Agricultura orgánica, una alternativa a pequeña escala para el mejoramiento de la calidad de vida en zonas marginadas. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. México. 36-39.
- Sancho, D.,J.; G. Rosales C. 1998. Situación actual del manejo integral de los residuos sólidos en México. 3-8. In Federalismo y desarrollo (62). BANOBRAS. México.
- Santamaría, R.,S. 1996. Aspectos biotecnológicos del proceso vermicomposteo y su aplicación agronómica. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Veracruz. México. 67p.
- Satchell, J. E. 1971. Lumbricidos. In: Biología del suelo. Ed. Omega S. A., Barcelona España. 308-378.
- Simpson, K. 1986. Abonos y estiércoles. Ed. Acribia. España. 23-42.
- Terranova ed.1995. Lombriz Roja Californiana. 336-340. Enciclopedia Agropecuaria Terranova. producción Pecuaria : (4), Colombia.
- Thompson, M.,L.,F. Troeh R. 1980. Los suelos y su fertilidad. 4ª ed. Ed. Reverte. España. 290-295.

Trejo, T. L. 1995. Establecimiento del cultivo de lombriz de tierra (Eisenia foetida ) sobre estiércol de bovino. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 100 p.

Val Del, A. 1993. El libro del reciclaje, manual para la recuperación y aprovechamiento de las basuras. Integral, 2 ed. Barcelona

Velasco, M., H. A. 1998. Uso y manejo del suelo. Limusa. México. P 188.