

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD POBLACIONAL DE LOMBRIZ  
DE TIERRA (*Eisenia foetida*) Y CALIDAD DE LA  
VERMICOMPOSTA EN LA REGIÓN DE NAZAS DURANGO.**

**POR**

**RENÉ LUIS DÍAZ GARCÍA**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**TORREÓN, COAHUILA**

**MARZO DE 2010**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

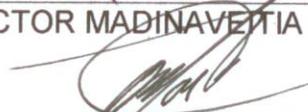
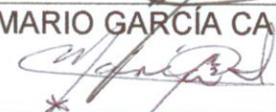
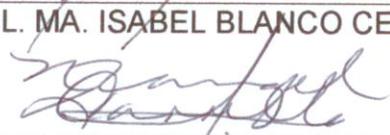
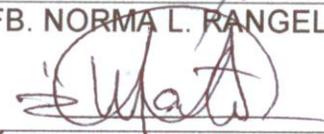
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

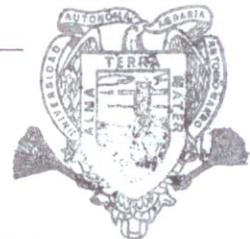
EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD POBLACIONAL DE LOMBRIZ DE TIERRA  
(*Eisenia foetida*) Y CALIDAD DE LA VERMICOMPOSTA EN LA REGIÓN DE  
NAZAS DURANGO.

TESIS DEL C. RENÉ LUIS DÍAZ GARCÍA QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR:

ASESOR	 DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS
COASESOR	 DR. MARIO GARCÍA CARRILLO
COASESOR	 BIOL. MA. ISABEL BLANCO CERVANTES
COASESOR	 QFB. NORMA L. RANGEL CARRILLO
	 M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

TORREON COAHUILA

MARZO DE 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD POBLACIONAL DE LOMBRIZ DE TIERRA  
(*Eisenia foetida*) Y CALIDAD DE LA VERMICOMPOSTA EN LA REGIÓN DE  
NAZAS DURANGO.

TESIS DEL C. RENÉ LUIS DÍAZ GARCÍA QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

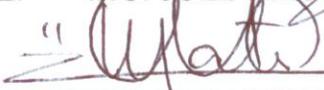
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR:

PRESIDENTE:   
DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

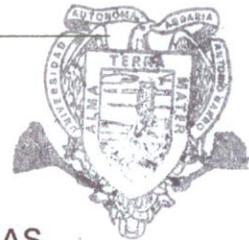
VOCAL:   
DR. MARIO GARCÍA CARRILLO

VOCAL:   
M.C. EDGARDO CERVANTES ÁLVAREZ

VOCAL SUPLENTE:   
ING. JOEL LIMONES AVITIA  
  
M.C. VÍCTOR MARTINEZ CUETO

COORDINADOR DE DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas



## **DEDICATORIAS**

### **A mis queridos Padres**

A mis padres, a **Francisco Díaz de León y Gumersinda García Morales**; por el amor, apoyo y fuerza que me entregaron hicieron que la distancia no fuera motivo de tristeza sino de esperanza en el regreso. Porque me dieron todo su apoyo en la vida y el sustento para que llegara el día de terminar una de las metas propuestas en la vida. A ellos siempre mis respetos y agradecimientos por toda la vida. Este triunfo no es solo mío, sino también de ustedes.

### **A mis Hermanos**

Esther, Lázaro, Samuel, Ignacio, Yessi y Rafael. Por el cariño, aprecio y amor que me tienen, por tenerme paciencia y confianza. Por todo el apoyo moral e incondicional que me han dado siempre, gracias por todo. Y a mis cuñados (as) Onelia, Dilma, Javier y Amelsar.

### **A mis Sobrinos**

Gerardo, Tito, Delsi, Yesica, Osvaldo, Ismael, Francisco, Alexis y Adonias. Porque son mis angelitos que me han dado fuerza y motivación, cada abrazo, sonrisa que ellos me regalaron me dieron fuerza para seguir adelante los quiero mucho...

A todos mis amigos que siempre me fortalecieron para superarme en la vida. Por darme un lugar en sus corazones, acompañándome y apoyándome sin más interés que el ser mis amigos incondicionales.

Al Dr. Héctor Madinaveitia Ríos por darme la oportunidad de realizar la investigación de mi tesis en su proyecto de desarrollo en la región de Nazas Durango, por su tiempo y dedicación y por compartir sus conocimientos conmigo.

A la Bióloga Ma. Isabel Blanco Cervantes y a la Ing. Norma L. Rangel Carrillo, por todo el apoyo brindado durante el desarrollo de mi tesis.

## AGRADECIMIENTOS

### A Jehová Dios

A “Jehová Dios” por brindarme fuerzas, ánimo y paciencia para poder lograr un reto en mi vida. Por darme la vida, una familia maravillosa, salud y sobre todo, capacidad y sabiduría para terminar mis estudios de nivel licenciatura.

### A mis Padres

A mis padres por su gran cariño y apoyo incondicional en toda la vida. Quienes me enseñaron a ser valiente en los momentos difíciles, por ser mis mejores ejemplos y mi mayor motivación para salir adelante con mis estudios.

A mi padre **Francisco Díaz de León**. Por darme siempre todo su apoyo, por ser mi guía, y por enseñarme a ser valiente, enfrentar y levantarme de los problemas para poder prepararme en la vida y por ser mi mejor amigo, gracias por todo papá.

A mi madre **Gumersinda García Morales**. Por sus consejo, motivación, ánimo que me dio para poder seguir y terminar con mis estudios. Principalmente por enseñarme a depender de “Jehová Dios”, Gracias por todos tus consejos mamá, porque en los momentos tan difíciles que hemos pasado, me animaste y apoyaste para que pudiera seguir adelante con mi estudio y poder terminar mi carrera.

*El amor de un padre y una madre es el más puro y grande que existe sobre el mundo. Es un amor generoso, sin límites, que no espera nada a cambio. No conoce la fatiga, decepción o sufrimiento, es entrega total. Sólo busca un fin único: la felicidad y éxito de sus hijos.*

*¡Gracias papá y mamá por ser tan maravillosos!*

### **A mis Hermanos**

A Esther, Lázaro, Samuel, Yessenia, Ignacio y Rafael Díaz García, Por sus apoyos incondicionales, por haber creído en mí, Por darme todo sus apoyo moral y económico para poder terminar mi carrera.

### **A mis Maestros**

Al Dr. Héctor Madinaveitia Ríos, por todo el apoyo que me brindó durante toda mi carrera por asesorarme en mi tesis, al Dr. Mario García Carrillo, M.C Edgardo Cervantes Álvarez y al Ing. Joel Limones Avitia por sus colaboraciones en mi tesis

A los maestros del CECYTECH 12: Ing. José de los Santos Cabrera, Lic. Andrés Colomo Laparra y al Ing. Joaquín Vázquez Ilerio, gracias por sus consejos, apoyo y la confianza que me tuvieron.

### **A mis Amigos.**

Selene, Anita, Polita, Paul, Marvel, Cristian, Teresita, Karen, Liliana y demás compañeros del grupo que compartimos el aula, doy gracias a Dios, por esa gran amistad y porque ya hemos alcanzado una profesión en la vida.

A mis compañeros y amigos: Yovani, Medinael, Wilmer y Rolfi, Valdemar, Diego, Martin, Susy, Chayito por lo ratos buenos y malos que pasamos, por la confianza y apoyo... nunca olvidare estos cuatro años y medio y a todos los amigos que conocí en el transcurso de mi carrera.

## INDICE GENERAL

	PÁG.
<b>DEDICATORIAS</b> .....	I
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	II
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	IV
<b>ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS</b> .....	VII
<b>ÍNDICE DE CUADROS DE APENDICE</b> .....	VII
<b>RESUMEN</b> .....	VII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	5
<b>REVISION DE LITERATURA</b> .....	6
Concepto de población.....	6
Homogeneidad.....	6
Tiempo.....	6
Espacio.....	6
Cantidad.....	6
Parámetros que caracterizan a una población.....	6
Estrategias de crecimiento de la población.....	7
Dispersión de la población.....	7
Factores que limitan el crecimiento de una población.....	8
Métodos para medir la densidad población.....	8
Técnicas de muestreos poblacionales.....	9
Representatividad de resultados.....	10
Muestras Relacionadas y Muestras Independientes.....	10
Generalidad de la lombriz de tierra.....	10
Sistema de Reproducción de las lombrices.....	12
Factores que afectan a la reproducción.....	13
Capacidad del Sistema Digestivo de las lombrices.....	14
Biología y ecología de las lombrices de tierra.....	15
Morfología externa.....	15
Morfología interna.....	16
La Respiración.....	16
El sistema digestivo.....	16
El sistema circulatorio.....	16
El sistema excretor.....	16
El sistema nervioso.....	17
Órganos de los sentidos.....	17
Locomoción.....	17
Clasificación taxonómica de las lombrices de tierra.....	17

Materia orgánica (MO).....	18
Definición.....	18
Formación de la MO en los suelos.....	18
Importancia de la MO sobre las propiedades de los suelos.....	19
Influencia sobre las propiedades físicas.....	19
Influencia sobre las propiedades químicas.....	19
Influencia sobre las propiedades biológicas.....	20
Tipos de estiércol para compostaje.....	21
Desechos aptos para lombricomposta.....	22
Desechos no aptos para lombricomposta.....	22
Normas de Calidad.....	23
Ventajas del compostaje.....	24
Beneficios del uso de la vermicomposta en el suelo.....	24
Mejora las propiedades físicas.....	24
Mejora las propiedades químicas.....	24
Mejora la actividad biológica.....	25
Disminuye los riesgos de contaminación y malos olores.....	25
Destruye los patógenos.....	25
Relación carbono nitrógeno (C:N) en los sustratos orgánicos.....	25
Producción de lombricompost a partir de distintas materias orgánicas.....	27
Microorganismos Eficaces (ME).....	27
Bacterias Ácido-Lácticas.....	28
Bacterias fototrópicas.....	28
Levaduras.....	28
Composición del ME.....	28
Principales especies empleadas en la lombricultura.....	29
<i>Eisenia foetida</i> .....	29
<i>Eisenia andrei</i> .....	29
<i>Lumbricus rubellus</i> .....	29
<i>Perionys excavatus</i> .....	29
<i>Eudrilus eugeniae</i> .....	29
Lombrices actualmente utilizadas.....	30
Estructura poblacional de lombrices de tierra.....	30
Crecimiento.....	31
Fecundidad.....	31
Potencial reproductor.....	31
Densidad de la población de las lombrices.....	32
Muestreo poblacional.....	32
Requerimientos óptimos para el crecimiento de las lombrices de	

tierra.....	33
Ausencia de luz.....	33
Humedad.....	33
Temperatura.....	33
pH.....	34
Alimentación.....	34
Ausencia de interferencias bióticas.....	34
Ciclo vital de las lombrices de tierra.....	35
Etapa embrionaria.....	36
Etapa posembrionaria.....	36
Fase posnatal.....	36
Fase juvenil.....	36
Fase clitelada.....	36
Fase senescente.....	37
Compuesto principal del humus.....	37
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	39
Lugar de estudio.....	39
Características ecológicas de la región de Nazas Durango.....	39
Clima y vegetación.....	39
Agua superficial y de bombeo.....	39
Actividades agropecuarias.....	40
Establecimiento de la vermicomposta.....	40
Preparación del estiércol de cabra y caballo.....	40
Lombriz de tierra utilizada.....	41
Metodología.....	41
Muestreos para medir la densidad de lombrices de tierra.....	41
Determinación de la calidad de la vermicomposta.....	42
Determinación de la densidad de poblaciones de lombrices.....	42
<b>RESULTADOS Y DICUSIÓN</b> .....	44
Densidad de lombrices en la primera y segunda fecha de muestreo.....	44
Análisis de macro y microelementos vermicompostas de origen caprino y equino.....	49
Análisis de Metales pesados en las dos vermicompostas.....	54
<b>CONCLUSIONES</b> .....	57
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	58
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	59

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1.	Densidad de lombrices de tierra roja californiana ( <i>eisenia foetida</i> ). Población obtenida en 2 fechas de muestreo en los dos diferentes sustratos. Ejido Emilio Carranza, Municipio de Nazas, Durango. Noviembre de 2009.....	45
2.	Valor de las variables de vermicomposta de origen caprino y equino. Ejido Emilio Carranza, Municipio de Nazas, Durango. Mayo-octubre de 2009.....	53
3.	Valores de las variables de metales pesados en la vermicomposta de origen caprino y equino. Ejido Emilio Carranza, Municipio de Nazas Durango. Mayo-octubre de 2009.....	55
<b>Fig. 1</b>	Densidad de lombrices de tierra ( <i>Eisenia foetida</i> ) encontradas en dos fechas de muestreo en vermicomposta de equino. Ejido Emilio Carranza, Municipio de Nazas, Durango. Mayo y octubre de 2009.....	46
<b>Fig. 2</b>	Densidad de lombrices de tierra ( <i>Eisenia foetida</i> ) encontradas en dos fechas de muestreo en vermicomposta de cabra. Ejido Emilio Carranza, Municipio de Nazas, Durango. Mayo - octubre de 2009.....	48

## ÍNDICE DE CUADROS DE APÉNDICE

<b>Cuadro 1</b>	Numero de muestreos de lombrices de tierra que se realizaron en la primera y segunda fecha en vermicomposta caprino y equino. Ejido Emilio Carranza, Municipio de Nazas, Durango. Mayo-octubre de 2009.....	71
-----------------	---	----

## RESUMEN

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en un lombricario que tiene dos años establecido en el Ejido Emilio Carranza, Municipio de Nazas Durango. El objetivo fue determinar la variación de la densidad de poblaciones de lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) y medir la calidad de vermicomposta producida en diferentes compostas. La metodología fue: para cumplir con el objetivo, en dos fechas de muestreo, el 25 de mayo y 10 de octubre de 2009. En la primera fecha de muestreo, en la vermicomposta de cabra, se ubicaron al azar 25 muestreos de .20x.20x.20 m, por lo que cada punto de muestreo fue de 0.008 m<sup>3</sup>. En la vermicomposta de caballo, se ubicaron al azar 25 muestreos de .20x.20x.12 m<sup>3</sup>, por lo que cada punto de muestreo fue de 0.004 m<sup>3</sup>. El segundo muestreo en la vermicomposta de cabra y caballo se efectuó el 10 de octubre de 2009, se siguió el mismo procedimiento, con la diferencia de que fueron 17 muestreos al azar. Para las dos fechas de muestreo en composta de cabra se consideró un volumen total de vermicomposta de 2.0544 m<sup>3</sup>. Mientras que en la vermicomposta de origen equino, para ambas fechas se consideró un volumen total de vermicomposta de 1.1808 m<sup>3</sup>. Con el propósito de determinar la calidad de la vermicomposta, se colectaron 2 muestras de 1 kg aproximadamente de vermicomposta de cabra y caballo. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de suelos de la UAAAN UL, en donde se hizo la determinación de los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, materia orgánica, carbono orgánico, ácidos fulvicos, ácidos húmicos, sodio, cobre, hierro y metales pesados como: plomo, cadmio, arsénico, y zinc. En base a los resultados obtenidos, la densidad poblacional de las lombrices en los dos sustratos presentó diferencias en cuanto a las poblaciones. En la primera fecha de muestreo de ambas vermicompostas, en la de caballo se presentó una densidad de muestra de 8457 lombrices/0.12 m<sup>3</sup>, con una densidad poblacional de 83216 lombrices/1.1808 m<sup>3</sup> en el área total, obteniendo 70475 lombrices/m<sup>3</sup> en promedio. A diferencia de la

vermicomposta de cabra que alcanzó una densidad de muestra de 7361 lombrices/0.20 m<sup>3</sup> con una densidad poblacional de 75756 lombrices/2.0544 m<sup>3</sup> en el área total y se obtuvo 36875 lombrices/m<sup>3</sup> en promedio. Es decir, que en la vermicomposta de caballo casi duplicó en número de lombrices. En la segunda fecha también se encontró diferencia en los dos sustratos, en la vermicomposta de caballo disminuyó drásticamente el número de lombrices. La densidad de muestra fue de 3650 lombrices/0.12 m<sup>3</sup>, con una densidad poblacional de 52816 lombrices/1.1808 m<sup>3</sup> en el área total y obteniendo 44729 lombrices/m<sup>3</sup> en promedio. En cuanto a la vermicomposta de cabra mostró mayor densidad en comparación de la primera fecha. Se obtuvo una densidad de muestra de 6014 lombrices/0.20 m<sup>3</sup> con una densidad poblacional de 91420 lombrices en el área total de 2.0544 m<sup>3</sup> y obteniendo 44500 lombrices/m<sup>3</sup> en promedio. La calidad de la vermicomposta obtenida es buena, ya que la mayoría de los nutrimentos están presentes en concentraciones adecuadas para el desarrollo óptimo de las plantas, pero en el caso de metales pesados presentaron concentraciones elevadas de acuerdo a la normatividad en materia de humus de lombriz y en materia de suelo para uso agrícola casi se encuentra dentro de esta norma.

**Palabras clave:** lombriz *Eisenia foetida*, densidad de población, densidad de la muestra, estiércol caprino y equino, análisis de nutrientes y metales pesados.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día se demandan grandes volúmenes de desechos. Por otra parte, la evacuación de residuos orgánicos generados por la actividad agrícola, forestal, ganadera, urbana e industrial constituye uno de los problemas de más difícil gestión, tanto en los países desarrollados como los subdesarrollados. La búsqueda de soluciones que permitan la recuperación y el reciclaje racional de los desechos y subproductos orgánicos constituye una imperiosa necesidad para un adecuado desarrollo y cuidado al medio ambiente. Estas razones, entre otras, nos permite la implementación de técnicas de (Compostaje y Lombricultura), que permiten la conversión de los residuos orgánicos en productos de alto valor ecológico y económico.

Los desechos son un gran problema que lleva mucho tiempo afectando a las grandes ciudades debido a los enormes volúmenes que se producen, por lo que en la mayoría de los casos son una fuente de contaminación al perder una gran cantidad de sus componentes.

El manejo ineficiente que hasta ahora se hace de estos materiales, representa serios problemas de contaminación del suelo, la atmósfera y el agua. Por ejemplo, los elementos del estiércol (nitrógeno y fósforo), su materia orgánica, sedimentos, patógenos, metales pesados, hormonas, antibióticos y amonio pueden contribuir a la contaminación del agua y suelo y que pueden ser peligrosos para la salud humana, de animales y plantas (Andriulo *et al.* 2003).

Los sistemas de producción animal y vegetal generan gran cantidad de desechos orgánicos que causan problemas de contaminación ambiental, con especial impacto sobre las aguas profundas; la contaminación de las aguas subterráneas por los productos y residuos de los agroquímicos es uno de los problemas más importantes en casi todos los países (FAO, 1999).

Pero de ser usadas adecuadamente, mediante la producción de composta o preferentemente con vermicomposta, se obtendrá un ahorro de fertilizantes químicos. Lo cual, además de ser un ahorro, tendría aportes importantes de los demás nutrimentos y mejoraría las propiedades del suelo.

Los suelos destinados a la producción agrícola han tenido serios problemas en la degradación de sus propiedades, derivadas en parte debido a la pérdida del contenido de materia orgánica; lo cual exige que se tomen medidas que contrarresten esa grave tendencia.

Existen diversas alternativas para evitar este problema, entre ellas se deben de aprovechar eficientemente los materiales orgánicos que se generen en las diversas actividades, de esta manera, además de evitar la contaminación, se le dará un uso productivo y benéfico para el medio ambiente.

Una de las formas de usar apropiadamente los materiales orgánicos que se desechan es, reciclarlos a los suelos previamente transformados mediante el composteo y vermicomposteo, lo cual consiste en modificar esos materiales a estructuras químicas más estables y complejas, conocida con el término genérico de humus.

Una alternativa para disminuir esta situación creada por la gran cantidad de desechos es la lombricomposta, la cual es una biotecnología que permite emplear los desechos orgánicos generados y convertirlos en un abono de calidad que brinda al cultivo elementos nutritivos más solubles y disponibles que el material que le dio origen. Igualmente, se genera una biomasa animal de alto valor proteico que puede ser utilizada en la alimentación tanto animal como humana (Hernández, 2006)

La lombricomposta es la descomposición controlada de materia orgánica utilizando lombrices de tierra. La lombriz de tierra se alimenta del terreno que excava y según avanza en este deposita sus desechos en el terreno, convirtiéndolo en uno

extremadamente fértil, mucho mejor que el que podría lograrse usando abonos artificiales. Los excrementos de la lombriz contienen 5 veces más nitrógeno, 7 veces más fósforo, 5 veces más potasio y 2 veces más calcio que el material orgánico que ingirieron. Por estas razones la lombricomposta ofrece una excelente alternativa para la conservación del terreno, ya que le saca provecho a la mayoría de los desperdicios orgánicos que son generados. Además, esta práctica ayuda a reducir la utilización de abonos y fertilizantes químicos que contaminan nuestros cuerpos de agua. Las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) desempeñan un importante papel en la ecología del suelo. Al ser removido y aireado, por la acción de las lombrices de tierra, el suelo se vuelve más fértil.

La agricultura orgánica es una forma de producción, basada en el respeto al entorno, para producir alimentos sanos de la máxima calidad y en cantidad suficiente, utilizando como modelo a la misma naturaleza, apoyándose en los conocimientos científicos y técnicos vigentes. El desarrollo de la agricultura orgánica busca la recuperación permanente de los recursos naturales afectados, para el beneficio de la humanidad.

Una alternativa de solución para aprovechar todos los residuos orgánicos, es producir abonos orgánicos mediante el composteo y lombricomposteo.

La importancia de los abonos orgánicos surge de la necesidad que se tiene de mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que brinda el aumento de su fertilidad y dando un mejor resultado para los cultivos, principalmente reducir la aplicación de fertilizantes y plaguicidas sintetizados artificialmente, cuyo uso frecuente o excesivo ocasiona problemas graves de contaminación. Ya que este proyecto nos ayuda a resolver problemas, ambientales, sociales y económicos.

La lombricultura trae consigo numerosos beneficios en la agricultura además de los beneficios ecológicos, por la reducción de los desperdicios orgánicos que ocasionan contaminación, por el lento proceso en su descomposición. Por todo

ello, la investigación de la dinámica poblacional de lombrices en diferentes sustratos orgánicos producidos en una zona determinada, representa uno de los puntos iniciales para el establecimiento del proceso de lombricomposteo. El propósito de este trabajo fue determinar la variación de la densidad de poblaciones de lombrices de tierra roja Californiana (*Eisenia foetida*) y medir la calidad de vermicomposta producida por estiércol caprino y estiércol equino en un área que tiene dos años de establecimiento.

## **OBJETIVO E HIPÓTESIS**

### **Objetivo general**

Determinar la variación de la densidad de poblaciones de lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) y medir la calidad de vermicomposta producida en las diferentes compostas.

### **Hipótesis**

El estiércol caprino y equino son buena fuente de alimentación para el aumento en la densidad de las lombrices de tierra y la vermicomposta producida es de buena calidad.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Concepto de población

**Población.** Es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado. Cuando se lleva a cabo alguna investigación debe de tenerse en cuenta algunas características esenciales al seleccionarse la población bajo estudio según, Roquer *et al.* (2002). Entre éstas tenemos:

**Homogeneidad.** Que todos los miembros de la población tengan las mismas características según las variables que se vayan a considerar en el estudio o investigación.

**Tiempo.** Se refiere al período de tiempo donde se ubicaría la población de interés. Determinar si el estudio es del momento presente o si se va a estudiar a una población en un determinado tiempo.

**Espacio.** Se refiere al lugar donde se ubica la población de interés. Un estudio no puede ser muy abarcador y por falta de tiempo y recursos hay que limitarlo a una área o comunidad en específico.

**Cantidad.** Se refiere al tamaño de la población. El tamaño de la población es sumamente importante porque ello determina o afecta al tamaño de la muestra que se vaya a seleccionar, además que la falta de recursos y tiempo también nos limita la extensión de la población que se vaya a investigar.

### Parámetros que caracterizan a una población

**Efectivo.** Número de individuos que componen una población. Puede efectuarse realizando inventarios (por recuento directo, transecto, caza-captura).

**Densidad de población.** Número de individuos por unidad de área o de volumen considerado.

Vida media. Tiempo transcurrido entre el nacimiento y la muerte.

Tasa de natalidad. Número de descendientes de una población.

Tasa de mortalidad. Número de muertos en una población.

Tasa específica de aumento. Diferencia entre la tasa de natalidad y la tasa de mortalidad de una población.

Proporción de sexos. Cociente entre el número de machos y el número de hembras de una población.

Curvas de supervivencia. Son gráficas en las que se representa el porcentaje de individuos vivos o la probabilidad de vida de una misma generación a lo largo de tiempo.

### **Estrategias de crecimiento de la población**

Las constantes  $r$  y  $K$  nos permiten diferenciar dos estrategias para el crecimiento y la supervivencia de las poblaciones:

Las estrategias de la  $r$ . Son aquellos organismos dotados de un alto potencial reproductivo, o quienes la selección natural favorece en las fases iniciales de colonización de un ecosistema nuevo. Son especies oportunistas, que soportan mal la competencia, a la que, responden emigrando.

Las estrategias de la  $K$ . Son organismos especialistas con menor potencial reproductivo pero con gran capacidad para competir por los escasos recursos en poblaciones densas.

### **Dispersión de la población**

Es la tendencia que está manifiesta a entenderse en todas las direcciones. Viene determinada por la capacidad de locomoción de cada especie y por las barreras geográficas. Los movimientos de dispersión más importantes son:

Emigración. Van desde una población hacia otra situada en un lugar diferente al de origen.

Inmigración. Es la llegada de individuos procedentes de otras poblaciones.

Migración. Son los viajes de ida y vuelta que los individuos de algunas poblaciones emprenden en determinadas épocas del año.

### **Factores que limitan el crecimiento de una población**

Todas las poblaciones poseen mecanismos de autorregulación. De modo que a un mayor número de población, es menor el crecimiento de la misma, incluso pudiendo llegar a descender, y a un menor número de población aumenta el crecimiento en la misma.

La cantidad de alimento disponible. Mientras se lleve un control o exista un equilibrio, no habrá problema, Por esto el espacio y densidad de población están relacionados con el alimento disponible.

### **Métodos para medir la densidad poblacional**

**Censos.** Fuente demográfica válida para estudiar el número, la situación demográfica, cultural, social y económica de la población. Incluye los mismos datos que el padrón: número de habitantes, edad, sexo, estado civil, nivel de estudios, etc.

### **Muestreos**

Para una investigación, no es posible tener contacto y observar a todas las unidades de análisis posibles, por lo que es necesario seleccionar un subconjunto de la misma que en efecto represente de manera apropiada a toda la población. Este subconjunto es conocido con el nombre de muestra Peña (1995).

**Muestra.** Es un subconjunto representativo de la población. Hay diferentes tipos de muestreo. El tipo de muestra que se seleccione depende de la calidad y cuán representativo se quiera el estudio de la población.

**Muestreo.** Es tomar una porción de una población como subconjunto representativo de dicha población. Para que la muestra, al menos teóricamente, sea representativa de la población, debe seleccionarse siguiendo un procedimiento que permita a cualquiera de todas las posibles muestras del mismo tamaño contenidas en la población, tener igual oportunidad de ser seleccionada.

### **Técnicas de muestreos poblacionales**

**Muestreo aleatorio.** Cuando se selecciona al azar y cada miembro tiene igual oportunidad de ser incluido.

**Muestreo estratificado.** Es el procedimiento de selección en el que primero se divide la población por estratos o sectores y luego se hace la selección al azar. Se subdivide en estratos o subgrupos según las variables o características que se pretenden investigar. Cada estrato debe corresponder proporcionalmente a la población

**Muestreo al azar.** Procedimiento de selección en el que todos los miembros de la población tienen igual oportunidad de ser seleccionados.

**Muestreo sistemático.** Es cuando se establece un patrón o criterio al seleccionar la muestra.

Por lo tanto el tamaño de la muestra depende de la precisión con el que se desea llevar a cabo su estudio, pero por regla general se debe usar una muestra tan grande como sea posible de acuerdo a los recursos que haya disponibles. Entre más grande la muestra mayor posibilidad de ser más representativa de la población.

## **Representatividad de resultados**

**Parámetro.** Es un índice estadístico calculado a base de los datos de una población y que cuantifica una característica de esa población. Generalmente son datos comprobados mediante registros.

**Estadígrafo.** Son los datos estadísticos obtenidos de la muestra.

Dado a que las estadísticas son uno de los elementos básicos de todo tipo de investigación, debemos entonces, aunque de manera simple, conocer los tipos de investigaciones y ver en qué áreas específicas se utilizan las mismas. Como ya se ha indicado, la validez y confiabilidad de los hallazgos de cualquier investigación va a depender ciertamente del análisis estadístico que se sometan los resultados de la misma.

## **Muestras Relacionadas y Muestras Independientes**

Para fines estadísticos no solo es importante distinguir entre muestras aleatorias y no aleatorias sino que se debe saber con cuántas muestras se cuenta y si fueron elegidas de modo que los sujetos de una no sean los mismos de las otras muestras. De ser así, tenemos muestras *independientes*; pero si dos o más muestras están formadas por los mismos sujetos, tenemos *muestras relacionadas*. Tal situación se designa como el problema de la relación entre población y muestras.

## **Generalidad de la lombriz de tierra**

La importancia del papel que desempeñan las lombrices en el proceso de formación de humus en el suelo es conocida desde la antigüedad. Aristóteles definió a la lombriz como “el intestino de la tierra”. Ya en el Antiguo Egipto era conocido que la fertilidad del Valle del Nilo era debida, en su mayor parte, a la abundancia de lombrices de tierra que se alimentaban de los restos orgánicos vegetales que el Nilo transportaba en grandes cantidades en sus crecidas

periódicas. Dichos restos eran transformados en humus, enriqueciendo las tierras de cultivo (Brown *et al*, 2003). Los egipcios utilizaban a la lombriz como criterio de clasificación de suelos. La presencia de lombrices en un suelo indicaba que éste era fértil. La importancia que se daba a la labor de las lombrices era tal, que se castigaba, incluso con la pena de muerte, a quien dañara o exportara alguna de estas lombrices.

Los primeros estudios e investigaciones sobre el hábitat y el sistema de reproducción de las lombrices datan de 1837, dirigidos por el biólogo Charles Darwin (Sherrewsbury, 1809 y Down, 1882) que dedicó más de 40 años de su vida a estudiar el papel de las lombrices en el suelo y, en su último libro publicado "*la formación de la tierra vegetal por la acción de las lombrices*", explicó científicamente cual era la verdadera función de las lombrices en el ecosistema; siendo éste el primer trabajo científico en el que se investiga el papel ecológico de un animal en la naturaleza.

Normalmente la lombriz roja es conocida en el ámbito comercial con el nombre de "californiana" porque fue en éste Estado de los EE.UU. donde se desarrollaron, a partir de los años 50, los primeros criaderos intensivos de lombrices (Ferruzzi, 1999).

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es originaria de Eurasia (subcontinente localizado entre Europa y Asia); los primeros criaderos intensivos se realizaron en la década de los cincuentas en California, EEUU, de ahí la procedencia de su nombre. Pertenece al grupo de los anélidos y a la familia de Lumbricidae. En la actualidad se han identificado alrededor de 8.000 especies de lombrices de las cuales únicamente se han logrado domesticar tres, *Eudrilus eugenia*, *Lumbricus rubellus* y *Eisenia foetida* (Compagnoni y Putzolu, 1995). Esta última presenta una mayor capacidad de adaptación a diferentes sustratos, temperaturas, pH, humedad y por lo tanto ha sido la de mayor importancia económica a nivel mundial. De

acuerdo con Bollo, (2001) esta especie posee una alta eficiencia reproductiva duplicando su población cada tres meses.

Según Schuldt (2004), esta lombriz puede vivir más de 4.5 años a campo abierto (intemperie) llegando a medir de 3 - 7cm de longitud con un peso corporal entre 0.8 - 1.4 g, carecen de ojos pero las células de su piel poseen receptores que le permiten percibir la luz y la presencia de diferentes sustancias químicas, funcionando esta percepción también a modo de olfato orientándolas en la búsqueda de humedad y alimento. Así mismo otras células presentes en la cutícula producen una secreción mucosa que la mantiene húmeda y cuando ésta se seca bloquea el intercambio gaseoso (ingreso de oxígeno y eliminación de dióxido de carbono). Las lombrices respiran únicamente por la piel, por lo que en presencia de un exceso de humedad el sistema respiratorio se vuelve inoperante.

Los microorganismos presentes en el sustrato cumplen un papel fundamental en la nutrición de la lombriz ya que son la principal fuente de proteína y además las lombrices se alimentan más de los microorganismos desarrollados a lo largo del compostaje que de la materia orgánica; por otro lado los microorganismos facilitan la digestión del sustrato al fragmentarlo en partículas más fáciles de digerir (Schuldt, 2004).

### **Sistema de Reproducción de las lombrices**

Es una especie hermafrodita, cada lombriz posee gónadas de ambos sexos desarrolladas dentro de una estructura mucosa llamada clitelo donde primero se desarrollan las gónadas masculinas conformadas por uno a cuatro pares de testículos y posteriormente las femeninas quienes poseen un par de ovarios. A pesar de esto no pueden fecundarse por sí solas y se requieren del contacto entre dos lombrices a nivel del clitelo para que ocurra el intercambio de gametos, por lo que se les considera hermafroditas incompletas.

La cópula de dos lombrices genera de 2 a 9 cocones, de cada cocón nacen de 2 a 4 lombrices. La frecuencia del apareamiento es de 2 a 3 veces por semana (Schuldt, 2004).

Los juveniles eclosionan después de una incubación promedio de 23 días a 25 °C y entre los 50 a 65 días después, alcanzan su madurez sexual (Shuldt, 2001).

La premadurez a madurez de las lombrices se presenta cuando alcanzan 0.24 g y una longitud de 2.5 cm (Schuldt, 2001), y de acuerdo con Compagnoni y Putzolu (1995) menciona que una lombriz adulta puede llegar a producir 1 500 crías por año, por lo tanto es notorio observar una alta actividad reproductiva a lo largo del año cuando las condiciones ambientales son óptimas.

### **Factores que afectan a la reproducción**

Una condición favorable proporciona una reproducción constante, entre los factores más importantes que afectan la reproducción se encuentra la densidad poblacional, la calidad del alimento, la temperatura, el pH y la humedad del sustrato (Schuldt, 2004).

El manejo de la densidad poblacional es importante, ya que en un lecho donde haya densidades bajas aumenta rápidamente la población y por el contrario cuando la población es alta se disminuye la tasa de reproducción. En explotaciones intensivas se considera que la población máxima es de 40 000 lombrices por metro cúbico según (Tineo, 1994).

La calidad del alimento influye en gran medida en la reproducción de las lombrices, ya que si se suministra alimentos maduros (más tiempo de descomposición) y de buena calidad aumenta la producción y fecundidad de los cocones (Bollo, 2001).

Según Tineo (1994), menciona, cuando los alimentos se descomponen sin presencia de oxígeno, se presenta un efecto negativo en la población de las lombrices, ya que hay producción de gases nocivos y aumento de la temperatura

del sustrato; lo que afecta la fecundidad de las lombrices. El rango idóneo de temperatura para la reproducción se encuentra entre los 15°C y los 25°C; la humedad relativa de 75% a 90%; y según Bollo (2001) las lombrices requieren de un pH neutro en el sustrato.

Los estudios sobre la dinámica poblacional de las lombrices abarcan diferentes ámbitos, desde las interacciones con los factores ambientales (Valle *et al.*, 1997; Baker y Whitby, 2003), que pueden influir en diferentes aspectos del ciclo biológico de las distintas especies, hasta el estudio de factores biológicos como la competencia, parasitismo y depredación (Garvín *et al.*, 2002).

### **Capacidad del Sistema Digestivo de las lombrices**

Un factor en estudios que no se ha considerado es el tamaño de las partículas del medio y su incidencia sobre la difusión del aire en el mismo.

El proceso de digestión en la lombriz se inicia en la cavidad bucal, la cual carece de mandíbulas, por tal razón requiere que los sustratos para su consumo se encuentre en un estado que posibilite la succión por la acción muscular de la faringe, donde los alimentos son humedecidos por secreciones salivales que se producen en la boca y en el esófago, posteriormente es ingresado al tubo digestivo (Bollo, 2001).

Una vez que el alimento llega al buche pasa a la molleja, donde es triturado mediante la acción muscular y con la ayuda de granos de arena. Por último, el resultado de los procesos anteriores llega al intestino, donde una masa de microorganismos degrada la materia orgánica por acción enzimática, dando como resultado la excreción

Las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso y expelen el 60% transformado en humus de lombriz o vermicomposta, además, cuando las lombrices digieren los sustratos biodegradables, una gran

variedad de microorganismos contribuyen al procesamiento de la materia orgánica en nutrimentos utilizables para las plantas.

### **Biología y ecología de las lombrices de tierra**

Existen numerosos trabajos realizados sobre biología y ecología de las lombrices de tierras tropicales de acuerdo (Jiménez *et al*, 2000; Rossi 2003; Jiménez y Decaens, 2004. También en las zonas templadas principalmente en países europeos como Francia, Alemania o Gran Bretaña, se han realizado trabajos en torno a estos temas, la mayor parte de ellos se han hecho sobre *Eisenia foetida* y sobre otras especies (Baker y Whitby, 2003; Rätty, 2004; Whalen, 2004). Mencionan los siguientes:

### **Morfología externa**

La lombriz es un animal alargado, de cuerpo cilíndrico, anillado. Pertenece al *Phylum Anélido*, Clase *Oligochaeta*, su longitud varía entre los 5 y 45 cm dependiendo de la especie. Su cuerpo está revestido por una fina cutícula que lo protege de la desecación.

Todos sus segmentos o metámeros son iguales, excepto el primero que se denomina *Prostomio*, que contiene la boca y el último *Pigidio* donde se encuentra el ano. En la fase de madurez sexual aparece una zona diferenciada glandular que se denomina *Clitelo* y está relacionada con la reproducción y secreción de los capullos.

La morfología interna y externa es empleada en Sistemática para clasificar distintas especies de lombrices. La morfología externa se apoya en estructuras como: número de quetas, cantidad de segmentos del cuerpo del animal, posición que ocupa el Clitelo con respecto al Prostomio y las características de este.

## **Morfología interna**

Los anélidos presentan sistemas de órganos. Los mismos están incluidos en la cavidad del cuerpo o celómica que contiene el líquido celómico, que es incompresible y actúa como un esqueleto hidráulico.

**La Respiración.** Es cutánea, las lombrices necesitan tener la piel húmeda para poder captar el oxígeno, ya que en un medio muy seco no se podría llevar a cabo el intercambio. Igual ocurre con un medio muy anegado, si esta se prolonga, podría provocar la muerte por asfixia.

**El sistema digestivo.** Es recto y consta de boca sin dientes, por donde entra el alimento húmedo y se dirige hacia la faringe, de aquí pasa al esófago en el que se encuentran a ambos lados las glándulas calcíferas, las cuales segregan carbonato de calcio. Esta sustancia tiene la propiedad de neutralizar los ácidos de los alimentos. Si la acidez es muy elevada no puede neutralizarlos y pueden morir intoxicadas de “goso ácido”.

Una vez que el alimento ha llegado al esófago pasa al buche, después al estómago y de ahí al intestino. Las lombrices diariamente consumen una cantidad de alimento equivalente a su peso corporal.

**El sistema circulatorio.** La sangre de las lombrices contiene un pigmento parecido a la hemoglobina, circula a través un sistema de vasos que se colocan longitudinales al dorso ventral y el subneural, además de otros cinco vasos pulsátiles anastomosados alrededor del esófago que impulsan la sangre a la parte posterior del cuerpo del animal donde se encuentran los corazones. El número de corazones varía según la especie.

**El sistema excretor.** Posee un par de *nefridios* por segmentos que son unos simples tubitos por donde se eliminan las sustancias de desecho al exterior a través de unos poros que se les denomina poros *nefridiales* o *nefridioros*. Estos se

comunican con unos embudos ciliados que atraen las sustancias de desechos contenidas en el líquido celomático.

**El sistema nervioso.** Está representado por un par de *ganglios cerebroides* que se encuentran por encima del esófago. También aparece un collar periesofágico alrededor del mismo y la cadena ganglionar ventral. Los nervios son segmentarios y presentan componentes sensoriales y motores.

**Órganos de los sentidos.** Poseen cerdas, papilas táctiles, fosetas ciliadas, células fotosensibles subcutáneas las cuales no permiten la visión pero si perciben la luz. Las lombrices son animales fotosensibles y sus taxismos, dentro de otras cosas, corresponde a su respuesta a la luz de la que huyen prefiriendo el hábitat oscuro. Las lombrices también pueden moverse en busca de sus alimentos verticalmente hacia arriba y también bajan de la misma manera para huir de un pH ácido o muy básico. Se refugian en el humus buscando la humedad óptima. Buscan el fondo del substrato evitando la incidencia de los rayos solares en las horas más críticas.

**Locomoción.** Intervienen los músculos, el líquido celómico y las quetas. Cuando la lombriz quiere avanzar apoya las quetas en el substrato y el líquido celómico ayudado por los músculos se dirige hacia delante, la parte posterior del cuerpo del animal se acorta avanzando.

### **Clasificación taxonómica de las lombrices de tierra**

Paoletti (1999) identificó a la lombriz de tierra, y efectuó su clasificación taxonómica de la siguiente manera:

Reino: Animal.

Subreino: Metazoos.

Phylum: Protostomia

Grupo: Annelida

Orden: Oligochaeta

Familia: Lumbricidae

### **Materia orgánica (MO)**

**Definición.** Esta definición comprende dos conceptos el de materia orgánica y humus. La materia orgánica se define como todo material de origen vegetal o animal en proceso de descomposición y humus como el producto final de ese proceso el cual presenta un alto peso molecular.

### **Formación de la MO en los suelos**

El suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de diferentes orígenes. Entre ellos se encuentran los de plantas superiores, los cultivos agrícolas y en menor escala residuos y estiércol de los animales. Los mismos llegan al suelo y se depositan directamente y quedan atrapados en la masa del suelo.

El proceso de descomposición de la materia orgánica depende en gran parte de su composición química, relación carbono:nitrógeno, temperatura, humedad, aireación, pH y contenido de minerales como nitrógeno (N), azufre (S), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K); los cuales influyen sobre la velocidad de descomposición (Bollo, 2001). Una de las formas para acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica es colocarla directamente al suelo para que sean colonizadas por un conjunto de microorganismos degradadores para generar un sustrato óptimo en el hábitat de las lombrices; el cual puede favorecer su reproducción y aumentar la eficiencia de producción de humus (Shuldt, 2004).

Compagnoni y Putzolu (1995), mencionan que en el proceso de descomposición de la materia orgánica se distinguen dos procesos: el *microbiológico* y el *enzimático*. El primero consiste en la colonización del sustrato por una masa microbiana y el segundo consiste en inducir a una fermentación de la masa orgánica con un

preparado constituido por numerosas enzimas, es decir; celulasas, hemicelulasas, proteasas, lipasas, amilasas, etc. A estos dos se viene a sumar la acción de la lombriz, dando como resultado final un compostaje y la transformación en humus.

### **Importancia de la MO sobre las propiedades de los suelos**

La aplicación de MO de forma sistemática al suelo es de gran importancia para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y buscar la sustentabilidad agrícola de nuestros sistemas productivos, Andrade (2004).

La influencia favorable de la materia orgánica en los suelos ha sido reconocida desde la antigüedad y aún en nuestro siglo no ha perdido vigencia este concepto, baste decir que se considera su presencia un factor distintivo entre el suelo y la corteza mineral.

### **Influencia sobre las propiedades físicas**

- Produce agregación en los suelos mejorando su estructura.
- Proporciona porosidad en los suelos arcillosos.
- Aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa.
- Mejora el balance hídrico.
- Regula la temperatura del suelo.
- Reduce la erosión.
- Reduce la evaporación.

### **Influencia sobre las propiedades químicas**

- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.

- Mantiene los micro y macroelementos potenciales alrededor del sistema radical de las plantas.
- Facilita la absorción de nutrientes por las plantas.
- Tiene efecto quelatante sobre el hierro, manganeso, zinc, cobre y otros microelementos.

### **Influencia sobre las propiedades biológicas**

- Estimula la microflora del suelo.
- Modifica la actividad enzimática.
- Favorece la respiración radical.
- Favorece la capacidad germinativa de las semillas.
- Mejora los procesos energéticos de las plantas.
- Favorece la síntesis de ácidos nucleicos.
- El CO<sub>2</sub> desprendido favorece la solubilización de compuestos minerales.

La materia orgánica actúa como un "amortiguador" regulando la disponibilidad de nutrientes, según las necesidades de las plantas. Por ejemplo, en suelos ácidos, impide la fijación del fósforo y neutraliza el efecto tóxico del aluminio.

La materia orgánica actúa como un "amortiguador" regulando la disponibilidad de nutrientes según las necesidades de las plantas. Por ejemplo, en suelos ácidos, impide la fijación del fósforo y neutraliza el efecto tóxico del aluminio. La misma es muy importante en los trópicos por su propiedad tampón o amortiguadora ("buffering") de los nutrientes.

La disminución de los niveles de materia orgánica en el suelo implica la disminución de los nutrientes disponibles para las plantas.

### **Tipos de estiércol para compostaje**

El compostaje es un proceso biológico aerobio, que bajo condiciones de aireación, humedad y temperaturas controladas y combinando fases mesófilas (temperatura y humedad medias) y termófilas (temperatura superior a 45 °C), transforma los residuos orgánicos degradables, en un producto estable e higienizado, aplicable como abono o sustrato.

Es decir, el compostaje es una técnica de estabilización y tratamiento de residuos orgánicos biodegradables. El calor generado durante el proceso (fase termófila) va a destruir las bacterias patógenas, huevos de parásitos y muchas semillas de malas hierbas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado (Peña, 2000)

En la naturaleza todo se recicla, un sin fin de descomponedores y carroñeros desde el buitre, pasando por las lombrices y las ratas, hasta millones de microorganismos se encargan de cerrar el ciclo manteniendo la fertilidad del suelo. Los aportes de materia orgánica de plantas y animales, están sometidos a continuo ataque por parte de organismos vivos, microbios y animales, que los utilizan como fuente de energía frente a su propio desgaste, como resultado de dicho ataque, son devueltos a la tierra los elementos necesarios para la nutrición de las plantas. (López, 2000)

Para realizar un buen manejo de lombrices es importante conocer la edad del estiércol. Según Ulloa (2003), hace mención que el estiércol bovino se puede encontrar en tres diferentes formas; estiércol fresco, maduro y viejo.

Como materia para compostear puede utilizarse cualquier producto orgánico fermentable. La clasificación de los residuos compostables se puede realizar en base a distintos criterios: (NMX-FF-109-SCF-2007, 2008).

### **Desechos aptos para lombricomposta**

No todo desecho es viable para la producción de lombricomposta, la norma anteriormente citada enlista los siguientes desechos como materia prima adecuada para su producción:

- Residuos provenientes de la actividad ganadera
- Residuos de la producción agrícola.
- Residuos de agroindustrias.
- Residuos de sistemas pecuarios.
- Residuos de industrias de preparación y transformación de carnes y pescados.
- Residuos orgánicos domiciliarios, de mercados y supermercados.
- Residuos orgánicos urbanos (de poda, de jardines, de parques y áreas verdes).
- Residuos de la industria maderera que no tenga sustancias tóxicas, lacas ni barnices.
- Lodos de plantas de tratamiento secundario y de aguas servidas (domésticas y agroindustriales).

### **Desechos no aptos para lombricomposta**

Incluyen a los residuos, tales como residuos sanitarios, hospitalarios, infecciosos y peligrosos, animales muertos por zoonosis o por enfermedades de alto riesgo,

lodos de plantas de tratamiento de aguas de zonas industriales y algunos que las autoridades competentes determinen como materia prima no apta para producir lombricomposta.

### **Normas de Calidad.**

Actualmente existe la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) que es la que regula todo lo relacionado a la contaminación.

En el artículo 134 se refiere a la prevención y control de la contaminación del suelo y considera que corresponde al estado y a la sociedad prevenir la contaminación del suelo, así como también que deberán ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos. Esta Ley agrega también que es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reutilización y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficiente.

Dicha ley señala que la utilización de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas debe ser compatible con el equilibrio de los ecosistemas y considerar sus efectos sobre la salud humana a fin de prevenir los daños que pudiera ocasionar, y que en los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligrosos, deben llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o reestablecer sus condiciones.

El artículo 135 establece los criterios para prevenir y controlar la contaminación del suelo en diversos casos tales como la ordenación y regulación del desarrollo urbano; operación de sistemas de limpia y de disposición final de residuos municipales.

El artículo 136 contempla que los residuos que se acumulen o no puedan acumularse y se depositen en los suelos, deben reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar la contaminación del suelo, así como las alteraciones nocivas

en el proceso biológico del suelo y que perjudiquen su aprovechamiento, explotación, evitando de esta manera los riesgos a la salud.

### **Ventajas del compostaje.**

Desde el punto de vista ecológico e industrial las ventajas del compostaje se manifiestan en la eliminación y reciclado de muchos tipos de residuos solventando los problemas que ocasionaría su vertido, y en la obtención de materiales apropiados para su uso en la agricultura. En este último sentido se persigue aumentar la similitud entre la materia orgánica de los residuos y el humus de los suelos, eliminar los posibles productos tóxicos que puedan permanecer en los residuos por la descomposición incompleta de los materiales, y aumentar la estabilidad biológica o resistencia a la biodegradación, con lo que se resuelven o atenúan los efectos desfavorables de la descomposición de los restos orgánicos sobre el propio suelo (Martínez 2001), menciona lo siguientes:

### **Beneficios del uso de la vermicomposta en el suelo**

**Mejora las propiedades físicas.** La materia orgánica contribuye favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola (serán más permeables los suelos pesados y más compactos los ligeros), aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, y contribuye a aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo mediante la formación de agregados.

**Mejora las propiedades químicas.** La materia orgánica aporta macronutrientes N, P, K y micronutrientes, y mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Esta propiedad consiste en absorber los nutrientes catiónicos del suelo, poniéndolos más adelante a disposición de las plantas, evitándose de esta forma la lixiviación. Por otra parte, los compuestos húmicos presentes en la materia orgánica forman complejos y quelatos estables, aumentando la posibilidad de ser asimilados por las plantas.

**Mejora la actividad biológica.** La materia orgánica del suelo actúa como fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en el suelo. Estos viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. Una población microbiana activa es índice de fertilidad de un suelo.

Tanto el compost como los estiércoles son buenos acondicionadores del suelo con valor fertilizante. Normalmente el estiércol que se añade al suelo directamente, proporciona calidades comparables a las que alcanzaría con el compost.

**Disminuye los riesgos de contaminación y malos olores.** En la mayoría de las granjas, el estiércol es más un residuo que un subproducto con valor añadido. Los principales inconvenientes son los olores y la contaminación por nitratos. El compostaje puede principalmente disminuir estos problemas.

**Destruye los patógenos.** La destrucción de patógenos durante la fase termófila permite la utilización no contaminante del abono orgánico.

Igualmente nos han permitido conocer la influencia de las lombrices y la composta sobre determinados aspectos sobre el crecimiento y desarrollo de la vegetación, al actuar directamente aumentando los nutrientes disponibles o modificando las comunidades microbianas en la rizosfera (Kreuzer *et al*, 2004), también intervienen en la composición de las comunidades de las plantas (Scheu, 2003).

### **Relación carbono nitrógeno (C:N) en los sustratos orgánicos**

La relación C/N de la masa a compostar es un factor importante a controlar para obtener una fermentación correcta con un producto final de características adecuadas. A medida que transcurre el compostaje, esta relación se hace cada vez menor.

La relación C:N en los materiales biodegradables es una variable que indica la cantidad de carbono con respecto a la cantidad de nitrógeno presente en la muestra. La relación más recomendable en los abonos orgánicos va de 30 a 40

partes de carbono por cada parte de nitrógeno ya que en condiciones demasiadas altas (mayores a 40:1) creará problemas en la utilización del material orgánico reduciendo la velocidad de descomposición. Esta relación puede ser afectada por la actividad microbiana (Schitzer y Khan. 1978). Sin embargo, Bollo (2005) ha observado que la relación C:N más adecuado para el humus de lombriz oscila entre 9 a 13.

Según un estudio realizado en la Universidad de Washington (2000) los microorganismos usan el carbono de la materia orgánica para incorporarlo a la estructura de sus células y lo emplean también como fuente de energía, mientras el nitrógeno es utilizado en la síntesis de proteína. Por esta razón cuando la relación es demasiado alta, los microorganismos demorarán mucho tiempo en procesar los residuos por carecer de nitrógeno y si es demasiado baja, se generan pérdidas de nitrógeno en forma amoniacal debido a elevaciones considerables de temperatura.

Por otra parte, son muchos los nutrientes utilizados en la actividad metabólica de los microorganismos; sin embargo la relación C:N es fundamental en la actividad microbiana durante el proceso de compostaje. Cuando el carbono se encuentra en materiales fibrosos tales como la lignina, los microorganismos utilizan el nitrógeno del suelo.

Los microorganismos fraccionan las moléculas orgánicas complejas para obtener energía y nutrientes simples que requieren para construir sus propios tejidos corporales. Además es importante mencionar que el estiércol de bovino y equino son ricos en carbono fácilmente degradable (Salazar *et al.*, 2003) Por lo que el proceso de descomposición del estiércol en abono es llevado a cabo por hongos y bacterias los cuales descomponen la materia orgánica con facilidad.

Martínez (2000) calculó que la producción media de nitrógeno de algunas especies de lombrices es del orden de 460 kg de nitrógeno por año y en el cual existirá una tonelada de lombriz anéxicas. El nitrógeno es excretado por las lombrices en forma de amoniaco y urea, fácilmente asimilables por la planta. Así la cantidad de

nitrógeno que producen las lombrices es de la misma magnitud que la aportada por abonos químicos en los cultivos que en promedio es de 200 kg/ha/año. Además las lombrices constituyen por sí mismo una importante reserva de nitrógeno movilizable cuando mueren. Es por esto que es muy importante tomar en cuenta las poblaciones de lombrices para determinar las cantidades de abonos nitrogenados que se van a utilizar.

### **Producción de lombricompost a partir de distintas materias orgánicas.**

Schuldt, (2004) ha demostrado materiales orgánicos más adecuados para la alimentación de las lombrices son aquellos que tiene mayor tiempo de compostado, por el simple hecho que las lombrices se alimentan más de los microorganismos que se desarrollan durante la descomposición de la materia orgánica.

La lombriz se alimenta de materias en estado de putrefacción; las cuales están dotadas de elevadas cantidades de enzimas que facilitan la digestión del alimento. La función principal de la lombriz es descomponer la materia orgánica proveniente de desechos de origen vegetal o animal en nutrientes utilizable por las plantas. El tubo entérico de la lombriz puede transportar alternativamente enormes cantidades del material sobre el cual ejerce una acción drásticamente digestiva (Compagnoni y Putzolu, 1995).

### **Microorganismos Eficaces (ME)**

La tecnología del ME fue desarrollado en la década de los ochenta por Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinagua, Japón. El ME es una solución mixta de microorganismos benéficos naturales aeróbicos y anaeróbicos, los cuales se encuentran presentes en ecosistemas naturales, siendo compatibles unos con otros (Higa y Parr, 1994).

### **Bacterias Ácido-Lácticas**

Las bacterias ácido lácticas transforman los azúcares en ácido láctico, además otros carbohidratos producidos por las bacterias fotosintéticas y las levaduras; y en condiciones anaeróbicas descomponen las proteínas en aminoácidos.

Además, fragmentan los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando estos materiales sin causar influencias negativas en el proceso (Sangakkara, 1999).

### **Bacterias fototrópicas**

Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las raíces (MOA, 1998).

### **Levaduras**

Las levaduras producen sustancias bioactivas como hormonas y enzimas, para promover la división celular activa. Estas sustancias son útiles para la reproducción de otros microorganismos eficaces como las bacterias ácido lácticas (MOA, 1998).

### **Composición del ME**

El ME es una mezcla de microorganismos, bacterias ácido lácticas, bacterias fototrópicas y levaduras (MOA, 1998). Cuando los microorganismos eficaces incrementan su población hay un aumento en la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales, suprimiendo microorganismos patógenos, y estos a su vez necesitan alimento, agua y un medio para vivir y desarrollarse (Shintani y Tabora, 1998).

## **Principales especies empleadas en la lombricultura**

Existen alrededor de 8 000 especies de lombrices, sin embargo de estas solamente se han logrado domesticar tres especies entre las cuales se mencionan la *Eudrilus eugenia*, *Lumbricus rubellus* y *Eisenia foetida*. Esta última conocida comúnmente como lombriz roja californiana, la cual se usa con mayor frecuencia en la producción de abonos orgánicos. Eastman (1999), menciona a las siguientes especies de lombrices utilizadas en la lombricultura:

***Eisenia foetida***. Pertenece a la familia Lumbricidae De origen Europeo, tal vez sea la más difundida en las prácticas de la lombricultura. Es llamada lombriz de estiércol, híbrido rojo californiano, lombriz tigre o lombriz cebrá, ya que presentan bandas amarillas que alternan con rojo, en la década de 1940 fue la precursora de la lombriz Norteamericana. Se emplea en los estados unidos, España, Italia, Japón, y algunos países latinoamericanos. Es una de las mejores especies más utilizadas en la lombricultura y por lo tanto las mejor estudiada como procesadora de materia orgánica y como fuente proteica.

***Eisenia andrei***. Pertenece a la familia Lumbricidae, de origen europeo. Hace poco tiempo se separó, como especie de *E. foetida*, la cual no presenta las evidentes bandas amarillas.

***Lumbricus rubellus***. Pertenece a la familia Lumbricidae, de origen europeo. Es conocida también como híbrido rojo californiano, lombriz roja, roja inglesa, etc.

***Perionys excavatus***. Pertenece a la familia Megascolecidae, de origen asiático. Conocida como lombriz roja de Taiwán, se utiliza en Filipinas y Asia como especie de cría.

***Eudrilus eugeniae***. Pertenece a la familia Eudrilidae, de origen africano. Distribución proporcional, conocida como rastrea nocturna africana, lombriz africana, gigante roja, lombriz azul. Es de mayor tamaño y presenta tonalidades azules o violetas sobre su color rojo vino. Tiene altas tasas de reproducción, de

crecimiento y conversión. Las lombrices actúan ellas mismas como descomponedoras, aunque no se puedan aislar de las acciones de los microorganismos ya que algunos de estos viven tanto en el suelo como en su tracto digestivo.

**Lombrices actualmente utilizadas.** Actualmente en la lombricultura se emplean solo dos tipos de lombrices (Legall, 2006).

Tipo de lombriz	Nombre científico	Características
Roja californiana	<i>Eisenia foetida</i>	Color rojo púrpura, engrosamiento céntrico, mide de 8 a 10 cm longitud (Rodríguez, 2003).
Roja africana	<i>Fudrillus ssp</i>	Color rojo oscuro, engrosamiento craneal, mide de 15 a 20 cm de longitud. (Legall, 2006).

**Estructura poblacional de lombrices de tierra.** La determinación de la estructura de una población requiere uniformar criterios para la toma de muestras, hallar unidad y tamaño de la misma en el marco de una distribución de errores acotada sobre la base de una realidad operativa. Así, la propuesta de Schuldt *et al.* (1998) utilizó un extractor (unidad de muestreo) de 7,5 cm de lado (superficie 0,005625 cm<sup>2</sup>; volumen 422 cm<sup>3</sup>; tamaño de la muestra: 3 unidades de muestreo/sector) que permite estimar el número total de lombrices de un cultivo (sector/es) y relevar las distintas clases (“edades”). Cómo identificar o establecer clases o edades en el desarrollo de una lombriz es un hecho que se vincula con el concepto de edades ecológicas que, típicamente, considera la existencia de una edad prereproductiva, reproductiva y posreproductiva, según Rodríguez *et al.* (2001).

**Crecimiento.** Se han suministrado a *E. foetida* estiércoles mixtos y puros de diversos animales (conejo, nutria roedora, equino, bovino), contenido ruminal (panza), desechos de cerdos, camas de aves, residuos vegetales diversos (cachaza), yerbas mixtas, fracción compostable de los residuos sólidos urbanos domiciliarios (RSU) y otros. Resulta así que tanto el de conejo que permiten un crecimiento rápido de los animales (Herrera y De Mischis, 1994), solo superados por algunos desechos de arroz y la fracción biodegradable de RSU (Schuldt *et al.*, 2001 y 2003). El estiércol de una misma especie como vacuno, posee efectos distintos sobre el crecimiento de *E. foetida* según sea la dieta de cierto animales.

**Fecundidad.** Las variaciones en la fecundidad existen y la cantidad de lombrices por puesta, según Venter y Reinecke (1988), varía de 0 - 9, raramente 12 (Martínez y Cerdas, 1999) siendo frecuente hallar de 2 - 4 lombrices en cada puesta. Las correlaciones con las dietas no suelen ser claras, al menos en relación con el tamaño de las muestras analizadas (Herrera y De Mischis, 1995; Martínez- Cerdas, 1999; Schuldt *et al.*, 1999). Los valores que consigna Martínez-Cerdas (1999) aparentemente son los mayores conocidos (media aproximada 9).

**Potencial reproductor.** Un medio bien monitoreado que permite identificar y cuantificar el número de adultos del área y se excluye la posibilidad de que algún clitelado pierda el clitelo, puede utilizarse el término "potencial" sólo considerando adultos. Las variaciones de Reproducción" observadas para *E. fetida* son de 1000 a 12500 (Schuldt *et al.*, 1999).

Su capacidad de reproducción es asombrosa: 1,000,000 de lombrices al cabo de un año se convierten en 12,000,000 y en dos años en 144,000,000, tiempo en el cual transforman 240,000 toneladas de estiércol en 150,000 toneladas de lombrihumus (Navas, 2003).

En casi un año, con una densidad de 6 mil lombrices por metro cuadrado, se pueden producir 1350 kilos de humus. En 600 m<sup>2</sup> la producción mensual ascendería a 6.75 toneladas.

### **Densidad de la población de las lombrices**

Se define a la cantidad de individuos presentes por unidad de área. La densidad de población de un cultivo de lombrices puede llegar a su clímax cuando las condiciones para su desarrollo son óptimas. Cuando numéricamente la población de lombrices es superior a la de sus enemigos pueden dominar en la comunidad, pero para que esto ocurra, ellas necesitan de un espacio vital donde se le facilite su desarrollo (Peña, 2001) también menciona:

Cuando en un área pequeña hay alta densidad de población los alimentos comienzan a escasear y el espacio vital se reduce dominando los individuos más fuertes y mejor adaptados. En estos casos puede observarse migraciones de las poblaciones adultas y escasez de huevos en el cultivo, entre otros fenómenos. Para realizar el muestreo debemos utilizar un monolito que es un instrumento que se utiliza para sacar muestras, con él se extrae un bloque del material a muestrear de la profundidad deseada con un área de 20 x 20 cm. (400cm<sup>2</sup>).

En la muestra tomada se cuentan las lombrices adultas, juveniles y los capullos

Los datos se deben expresar en m<sup>2</sup> ya que de esta forma se pueden establecer comparaciones. Para llevar los datos de un área de 400 cm.<sup>2</sup> a 1m<sup>2</sup> solo se necesita multiplicar los valores obtenidos por 25.

**Muestreo poblacional.** El muestreo es una de las labores más importantes a realizar para que el cultivo se establezca sin dificultades, por medio de el se puede conocer como se encuentran las poblaciones, la cantidad de lombrices y capullos en cada uno de los perfiles.

Si la población de lombrices tiene todas las condiciones que necesita para su desarrollo habrá una densidad superior a las 20 000 lombrices por m<sup>3</sup>.

### **Requerimientos óptimos para el crecimiento de las lombrices de tierra**

Cuando las lombrices están en los rangos óptimos de dichos parámetros son capaces de vivir, reproducirse y producir humus, pero dejan de multiplicarse si los valores se hacen extremos, lo que puede provocar la muerte de las lombrices.

Para mantener en condiciones óptimas a las lombrices y conseguir una buena vermicomposta, según Klocke (1999) y Martínez, (1996) se requiere:

**1. Ausencia de luz:** las lombrices viven debajo de la superficie del suelo, no toleran bien la luz, por lo que deben de estar en un recipiente tapado. El ciclo de actividad que establece Ferruzzi (1987) por el cual las lombrices se hallan al mediodía a una profundidad de 25 cm, mientras que a la medianoche arriban a la superficie.

**2. Humedad:** la lombriz necesita de mucha humedad, ésta es requerida para que pueda moverse dentro de los desechos y facilitar la fragmentación de los mismos, así como para su respiración. La humedad recomendada es del 75 a 80%, ya que la presencia de cutícula permeable hace que pierda agua fácilmente, no les conviene que baje drásticamente la humedad, porque no sólo paraliza la actividad sino que puede reducirnos la población. (Schuldt y Col., 2005) y Reinés (2001) han sugerido que la humedad del sustrato debe de estar a un 80%.

**3. Temperatura:** el óptimo debe oscilar entre los 20, aunque resisten temperaturas entre los 4-30 °C. Así cuando la temperatura es inferior a 7 °C, las lombrices no se reproducen, pero siguen produciendo abono, aunque en menor cantidad. Esta es fácil de mantener, sin embargo cuando se trabaja al aire libre se debe de tener un buen control, alcanzarla y mantenerla a este rango.

**4. pH.** Al igual que la temperatura el pH es sumamente importante; lo ideal es que se encuentre entre 5 y 7.5, un pH básico o ácido puede ocasionar serios problemas a la lombriz y llegar a ocasionar su muerte. El método más eficiente para medir el pH es utilizando la misma lombriz, ella indicará si el material está o no listo para poder vivir en él. Ya que no soportan valores inferiores a 4.5, la acidez les resulta desagradable, aunque algo leve si pueden tolerarlas.

**5. Alimentación.** Prefieren los restos vegetales en proceso de descomposición con una relación C/N relativamente baja, esto hace que presenten una fuerte selectividad con respecto a la vegetación que existe sobre el suelo. Los restos de verduras y frutas de cocina son de su agrado en cuanto a la relación C/N.

#### **6. Ausencia de interferencias bióticas.**

Existen animales asociados a la lombriz y que predan sobre ella; entre ellos está el ciempiés el cual ataca directamente a las cápsulas o cocones, deteniendo de esta manera la reproducción de la lombriz. Las hormigas atacan directamente a la lombriz en cualquier edad, fraccionándola hasta causarle la muerte. Cuando no se da un manejo adecuado a los desechos se presentan ratas, las cuales son atraídas por los desechos e indirectamente se comen a las lombrices. Actualmente, un enemigo económicamente importante de la lombriz es la planaria, gusano plano con necesidades alimenticias similares a las de la lombriz; convive con ella, pero también se enrosca sobre su cuerpo y la estrangula.

Entre otros enemigos naturales se mencionan a los pájaros, los ratones, los topes, los sapos, las serpientes y animales pequeños como los gorgojos. Por lo anterior, se recomienda proteger los lombricomposteros y revisarlos constantemente.

Parámetro	Muerte	Letargo	Produce humus	Fase óptima	Produce humus	Letargo	Muerte
pH	< 5	6.5	6.8	7.5	8	8.5	>9
Temperatura	0	7	14	19-20	27	33	>42
Humedad	<50	75	80	82.5	85	88	>90

### Ciclo vital de las lombrices de tierra

La lombriz roja alcanza su madurez sexual a los 3 meses de edad. Una vez cumplido este periodo ya está en condiciones de aparearse. Se reproduce con un periodo de 7 días, durante el cual pueden permanecer inmóviles hasta 10-15 minutos que dura el apareamiento.

De cada cocón (huevo) depositado salen entre 2 y 20 lombrices que son totalmente independientes, de un tamaño de 1mm, presentan un color blanco transparente que se vuelve rosado a los 5 ó 6 días, y que pasa definitivamente a rojo oscuro a los 15-20 días.

Morales (1997) afirma que son muy prolíficas, por lo que una sola lombriz adulta puede reproducirse unas 36 veces al año y cada una producir 0.3 g diarios de humus.

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

#### **Etapas:**

- |                |                    |                     |               |
|----------------|--------------------|---------------------|---------------|
| 1. embrionaria | 2. postembrionaria | 3. fase postnatal   | 4. juvenil    |
| 5. clitelada   | 6. en crecimiento  | 7. en decrecimiento | 8. senescente |

**Etapa embrionaria:** Transcurre en el interior del capullo, el cual es depositado por el adulto en el suelo, los capullos son amarillo limón en algunas especies, generalmente se vuelven más oscuros según envejecen la forma también varía, los hay desde redondos o con una proyección en los extremos. Los capullos pueden contener un número variable de embriones que fluctúan según las condiciones ambientales. La fertilidad depende en primera instancia de las especies. También la viabilidad de los embriones depende de los factores externos, así como el periodo de incubación de estos.

**Etapa posembrionaria:** Abarca el resto del ciclo de las lombrices, es decir, desde que nacen hasta que mueren.

**Fase posnatal:** Comienza con la emergencia de lombriz y se caracteriza por la escasez de pigmentos en el tegumento, por lo que se observan a través de éste algunos órganos internos como el tubo digestivo y el sistema circulatorio. Durante aproximadamente 10 días, aunque su culminación no es posible definirla exactamente.

**Fase juvenil:** Se extiende a partir de la fase anterior y concluye con la aparición del clitelo. Se caracteriza por una gran actividad y dinamismo mostrado por los individuos y un elevado crecimiento en tamaño y peso. La duración depende de la especie y las condiciones ambientales.

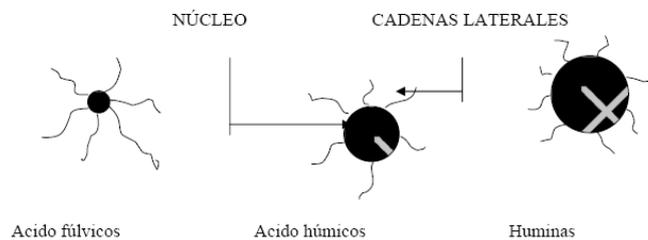
**Fase clitelada:** Comienza con la aparición del clitelo y se caracteriza por la presencia de esta estructura, así como por la puesta de capullos, en esta fase se observan 2 periodos, uno en el que los animales continúan creciendo y otro más largo o de mesetas donde el animal se estabiliza o pierde peso y tamaño.

En *Eisenia foetida* el clitelo aparece en torno a 0.25 g de peso y corresponde a animales de 2.5 a 3 cm de largo aproximadamente. Esto no implica que todos los animales de ese rango o mayores, exhiban el clitelo, lo que pareciera relacionarse con múltiples factores, entre ellos, dietas y manejo (Schuldt *et al.*, 1998).

**Fase senescente:** Se caracteriza por la pérdida de color por lo general se vuelven más oscuros o pardas (Morales, 1997).

### Compuesto principal del humus

Según (Peña *et al*, 2002) separar la materia orgánica no humificada y las sustancias húmicas, identificándose tres grupos: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Cada uno de ellos presenta características diferentes de donde se deriva una influencia distinta sobre el suelo. (Figura 1).



**Figura 1. Compuesto principal del humus: Ácidos fúlvicos, Ácidos húmicos y Huminas. (Peña *et al*, 2002).**

**Ácidos fúlvicos.** Poco polimerizado, núcleos pequeños y abundantes cadenas laterales, lo que lo hace una fracción soluble en medio ácido y básico con gran capacidad de reacción con los elementos minerales del suelo, tienen alta movilidad arrastrando consigo elementos minerales.

**Ácidos húmicos.** Más polimerizados y complejos que los fúlvicos con núcleos más grandes y cadenas laterales más pequeñas, solubles en medio básico y tienen poca movilidad en el suelo.

**Huminas.** Muy polimerizados condensados, cadenas laterales pequeñas, muy estables y, núcleos muy poco móviles en el suelo.

**Ácidos húmicos.** Es la fracción de las sustancias húmicas soluble en medio alcalino e insoluble en medio ácido.

**Ácidos fulvicos.** Es la fracción de las sustancias húmicas soluble, tanto en medio alcalino como en medio ácido.

El contenido en carbono de los ácidos húmicos es mayor al de los ácidos fulvicos. De un 50 a un 60% y de un 40 a un 50% respectivamente.

El contenido en nitrógeno generalmente es mayor también en los ácidos húmicos, de un 2 a un 6%, y de un 0.8% a un 3% en los ácidos fulvicos.

El contenido en oxígeno es mayor en los ácidos fulvicos que los húmicos: de un 44 a un 50% y de un 30 a un 35% respectivamente.

La acidez total es mucho mayor en los ácidos fulvicos que en los húmicos: de 6.4 a 14.2 meq/g en los ácidos fulvicos y de 5.6 a 7.7 meq/g en los húmicos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Lugar de estudio**

Este trabajo se realizó en el Ejido Emilio Carranza ubicado en el Municipio de Nazas, Durango, lugar en el que se ubica un área de producción de vermicomposta, que tiene dos años de establecimiento.

### **Características ecológicas de la región de Nazas Durango**

#### **Clima y vegetación**

Su clima de verano va desde semicálido a cálido seco y en invierno desde semifrío a frío. Los meses de lluvia son de mediados de junio a mediados de octubre. El resto del año se considera seco con temperatura media anual de 21 °C y precipitación media de 224.6 mm. Koeppen lo califica dentro del tipo desértico y Thronthwaite lo califica como árido (Santibañez, 1992).

Las condiciones climáticas determinan que los tipos de vegetación predominantes sean de matorral xerófilo con todas sus variantes (Rzedowski 1978). Los índices de evaporación son elevados, por lo que la vegetación natural existente solo es apropiada para la recolección forestal no maderable y para el pastoreo de ganado de diversa utilidad. Otro tipo de vegetación que predomina en la región es la vegetación de galería caracterizada por la presencia de sabinos, álamos y sauces.

#### **Agua superficial y de bombeo**

La utilización del agua de los ríos en la agricultura, es el sistema más antiguo en la región. El agua proviene del río Nazas, que actualmente cuenta con una compleja infraestructura hidráulica para su aprovechamiento, misma que cuenta con dos presas: la de Lázaro Cárdenas (que es almacenadora) y la de Francisco Zarco

(que es reguladora), y una amplia red de canales principales y secundarios revestidos de cemento, derivadoras, drenes, etc.

El agua de bombeo, es una fuente de agua principalmente es explotada por pequeños propietarios que cuentan con cultivos perennes como la alfalfa. Cabe mencionar que las áreas de cultivo cercanas al río, muchas tienen mantos freáticos poco profundos pueden ser tan superficiales como de 30 a 50 cm de profundidad.

### **Actividades agropecuarias**

La principal actividad socioeconómica de la región es la agricultura, los principales cultivos son: el nogal, para la producción de nuez, la alfalfa para la producción de forraje, cacahuate, cultivos básicos como el maíz y el frijol, chile, algunas otras hortalizas como jitomate, calabazas, etc.

### **Establecimiento de la vermicomposta**

#### **Preparación del estiércol de cabra y caballo**

En el mes de agosto de 2007, se inició este trabajo. Con el propósito de proporcionarle un alimento fácil de digerir a las lombrices de tierra, se precompostó el estiércol de cabra, de acuerdo a lo recomendado: manteniendo el estiércol bajo las siguientes condiciones:

Temperatura: la temperatura óptima osciló entre los 20 °C aunque resiste temperaturas desde 4 °C hasta los 30 °C, cuando la temperatura es inferior de 7 °C, la lombriz no se reproduce, pero sigue produciendo abono, aunque en menor cantidad.

Humedad: La presencia de cutículas permeables hace que pierda agua fácilmente, no conviene bajar drásticamente la humedad, porque no solo paraliza la actividad, si no que puede reducirnos la población.

Ausencia de luz: la lombriz vive debajo la superficie del suelo, no tolera bien la luz.

### **Lombriz de tierra utilizada**

La lombriz utilizado corresponde a *Eisenia foetida*, denominado comúnmente “lombriz roja californiana”.

El 6 de octubre de 2007 se introdujeron las lombrices en el estiércol de cabra precompostado, se consideró como adecuado para la adaptación de las lombrices. La cantidad inicial de lombrices fue de 122 que fueron colocadas en una cama de estiércol precompostado y húmedo con las dimensiones de 143 cm de largo y 100 cm de ancho con una altura de 15 cm., fueron 69 huevecillos a partir de los cuales se comenzó la producción de vermicomposta.

Desde esa fecha la cantidad de vermicomposta se ha incrementado. Además de la composta de cabra que inicialmente se utilizó, se agregó composta de caballo. En junio y octubre de 2008 se hicieron evaluaciones sobre la densidad de lombrices en la vermicomposta de cabra.

### **Metodología**

Sobre la vermicomposta ya establecida se hicieron muestreos:

#### **a) Muestreos para medir la densidad de lombrices de tierra**

El material que se utilizó fue un cuadro de alambre con una dimensión de 0.20x0.20 m y una regla de .30 m para medir la profundidad requerida en la composta de cabra y caballo.

Se efectuaron dos muestreos:

Se hicieron muestreos tanto en vermicomposta de cabra como de caballo.

El primer muestreo en la vermicomposta de cabra fue el 25 de mayo de 2009, se ubicaron en la vermicomposta al azar 25 muestreos de 0.20x0.20x0.20 m de altura, por lo que cada punto de muestreo fue de 0.008.m<sup>3</sup>. El primer muestreo en la vermicomposta de caballo fue en la misma fecha, se ubicaron en la vermicomposta al azar 25 muestreos de 0.20x0.20x0.12 m de altura, por lo que cada punto de muestreo fue de 0.004 m<sup>3</sup>, con el propósito de determinar la calidad de la vermicomposta, se colectaron 2 muestras de 1kg. aproximadamente de vermicomposta de cabra y caballo, para su posterior análisis de laboratorio.

El segundo muestreo en la vermicomposta de cabra y caballo se efectuó el 10 de octubre de 2009, se siguió el mismo procedimiento, con la diferencia de que se ubicaron en la vermicomposta al azar 17 muestreos.

El área que ocupó la vermicomposta se determinó de la siguiente manera: se midió el largo por ancho por la altura y se obtuvieron m<sup>3</sup>.

**Determinación de la calidad de la vermicomposta.** Las cuatro muestras de vermicomposta tanto de cabra como de caballo fueron trasladadas al laboratorio de suelos de la UAAAN UL, en donde se determinaron los siguientes parámetros:

pH, conductividad eléctrica (C.E), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), materia orgánica (M.O), carbono orgánico (C.O), ácidos fulvicos, ácidos húmicos, sodio (Na), cobre (Cu), hierro (Fe) y metales pesados como: plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (Ar) y zinc (Zn).

#### **Determinación de la densidad de poblaciones de lombrices**

La cantidad de lombrices obtenidas en cada muestreo en la vermicomposta de cabra, ocuparon un área de 0.008 m<sup>3</sup> el primero, y de 0.008 m<sup>3</sup> el segundo. En la vermicomposta de caballo ocuparon un área de 0.004 m<sup>3</sup> el primero y de 0.004 m<sup>3</sup> el segundo. Estas cantidades y el área que ocuparon las lombrices, fueron extrapoladas con el objetivo de calcular la población total a través de una conversión de regla de tres simple.

Cantidad de área muestreada-----total de lombrices encontradas

Área de vermicomposta efectiva-----X (población total)

Para el primer muestreo en composta de cabra se consideró un volumen total de vermicomposta de 2054400 cm<sup>3</sup> equivalente a 2.0544 m<sup>3</sup> y en el segundo muestreo se consideró el mismo volumen. En el primer muestreo en vermicomposta de origen equino se consideró un volumen total de vermicomposta de 1180800 cm<sup>3</sup> equivalente a 1.1808 m<sup>3</sup> y se consideró el mismo volumen en el segundo muestreo.

Los resultados obtenidos tanto de densidad de poblaciones de lombriz como de la calidad de la vermicomposta fueron analizados cuantitativamente

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Densidad de lombrices en la primera y segunda fecha de muestreo

En el Cuadro 1 en la primera fecha de muestreo se puede observar que en la vermicomposta de cabra el valor mínimo fue de 113 lombrices/0.008 m<sup>3</sup>, el valor máximo fue de 517 lombrices/0.008 m<sup>3</sup> y la media obtenida fue de 294 lombrices/0.008 m<sup>3</sup>. En la segunda fecha de muestreo, el valor mínimo fue de 156 lombrices, el valor máximo fue de 737 lombrices y la media obtenida fue de 356 lombrices considerando la misma área de 0.008 m<sup>3</sup>. Se evidencia que en la segunda fecha de muestreo hubo una mayor densidad de lombrices (Figura 2).

En el caso de la vermicomposta de caballo en la primera fecha de muestreo el valor mínimo fue de 150 lombrices/0.0042 m<sup>3</sup> el valor máximo fue de 590 lombrices/0.0042 m<sup>3</sup> y la media obtenida fue de 338 lombrices/0.0042 m<sup>3</sup>, en la segunda fecha de muestreo el valor mínimo fue de 137 lombrices, el valor máximo fue de 453 lombrices y con una media de 215 lombrices considerando la misma área de 0.0042 m<sup>3</sup>. En este caso en la primera fecha de muestreo fue en la que se obtuvo mayor densidad en promedio (Figura 1).

En base a los cálculos efectuados, la densidad poblacional de las lombrices en los dos sustratos presentó diferencias en cuanto a las poblaciones. En los primeros muestreos de ambas vermicompostas, que tienen tanto adultos como subadultos, Schuldt *et al.* (2004), la vermicomposta de caballo presentó un aumento en el número de lombrices, alcanzando una población de 8457 lombrices/0.12 m<sup>3</sup> equivalente en el área muestreada, con una densidad poblacional de 83216 lombrices/1.1808 m<sup>3</sup> en el área total, obteniendo 70475 lombrices/m<sup>3</sup>. A diferencia de la vermicomposta de cabra alcanzó 7361 lombrices/0.20 m<sup>3</sup> con una densidad poblacional de 75756 lombrices/2.0544 m<sup>3</sup> en el área total y se obtuvo 36875 lombrices/m<sup>3</sup>. Es decir, que en la vermicomposta de caballo casi duplicó en número de lombrices tomando como diferencia el área en m<sup>3</sup>.

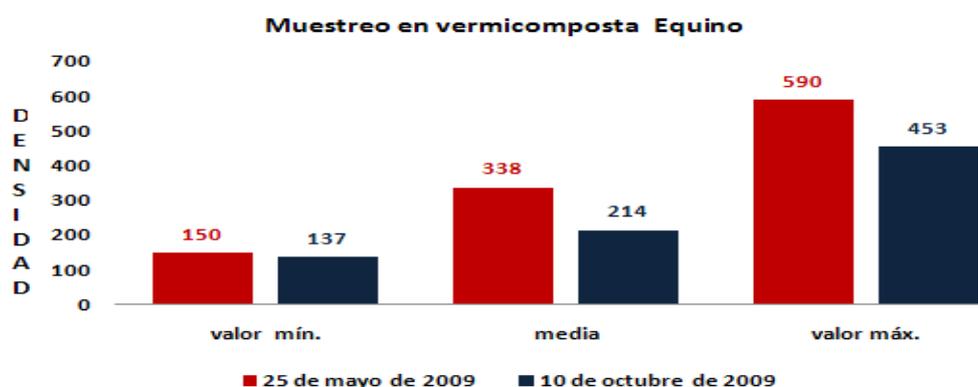
La densidad poblacional de lombrices que se obtuvo en la segunda fecha también se encontró diferencia en los dos sustratos, ya que en la vermicomposta de caballo disminuyó drásticamente el número de lombrices. La densidad de población fue de 3650 lombrices/0.12 m<sup>3</sup> equivalentes al área que se muestreó, con 52816 lombrices/1.1808 m<sup>3</sup> en el área total y obteniendo 44729 lombrices/m<sup>3</sup>. En cuanto a la vermicomposta de cabra mostró mayor densidad en comparación de la primera fecha. Se obtuvo una densidad poblacional de 6014 lombrices/0.20 m<sup>3</sup> con 91420 lombrices en el área total de 2.0544 m<sup>3</sup> y obteniendo 44500 lombrices/m<sup>3</sup>. Considerando que el 50 % de las lombrices son adultas y los demás son subadultas Schuldt *et al.* (2004).

**Cuadro 1. Densidad de lombrices de tierra roja californiana (*eisenia foetida*). Población obtenida en 2 fechas de muestreo en los dos diferentes sustratos. Ejido Emilio Carranza, Municipio de Nazas, Durango. Noviembre de 2009.**

Vermicomposta	Fecha de muestreo	Valor mín. en 0.008 m <sup>3</sup>	Valor máx. en 0.008 m <sup>3</sup>	Media en 0.008 m <sup>3</sup>	Desv. Est.	Densidad en el área muestreada (en 0.20 m <sup>3</sup> )	Densidad en el área total en (2.05 m <sup>3</sup> )	Densidad por m <sup>3</sup>
<b>Caprino</b>	25/05/09	113	517	294	140.52	7361	75756	36875
	10/10/09	156	737	<b>356</b>	153.61	6052	<b>91420</b>	<b>44500</b>
		<b>En 0.004 m<sup>3</sup></b>	<b>En 0.004 m<sup>3</sup></b>	<b>En 0.004 m<sup>3</sup></b>		<b>En 0.12 m<sup>3</sup></b>	<b>En 1.18 m<sup>3</sup></b>	
<b>Equino</b>	25/05/09	150	590	338	104.18	8457	<b>83216</b>	<b>70475</b>
	10/10/09	137	453	215	77.26	3650	52816	44729

Según Shuldt (2004), las lombrices se alimentan de la materia orgánica y de los microorganismos desarrollados, entre más fina sea la materia orgánica que utilicen para alimentarse las lombrices, se favorece su condición corporal aumentando su capacidad reproductiva y lo que podría mantener más activas a las lombrices. En el Cuadro 1 se puede observar que hay un aumento de la población en la vermicomposta de caballo comparado con la vermicomposta de cabras, posiblemente la razón de ello sea que el alimento es más fino, lo que ocasionó un

aumento en la densidad de lombrices. Duran y Henríquez (2009) estudiaron el crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos, ellos encontraron la cantidad de 13776 lombrices/ 0.3 m<sup>3</sup> en tres meses en vermicomposta vacuno. Estos resultados coinciden más o menos con los obtenidos en este trabajo, principalmente en la vermicomposta de cabra. Sin embargo, los aspectos químicos, físicos y biológicos de la vermicomposta varían de acuerdo con el patrón alimenticio del ganado, del cual dependerá la calidad del estiércol y por lo tanto, la aceptación de dicho sustrato por las lombrices para una mayor reproducción Reinés (2004). Estos resultados tienen una aplicación práctica para las y los productores que puedan tener interés tanto en la producción de biomasa de lombriz como pie de cría, ya que el tipo de sustrato tendrá un efecto importante sobre esta variable. Algunas pruebas deben ser realizadas al iniciar una producción comercial.



**Figura 1. Densidad de lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) encontradas en dos fechas de muestreo en vermicomposta de equino. Ejido Emilio Carranza, Municipio de Nazas, Durango. Mayo y octubre de 2009.**

La sucesión de comunidades microbianas que se presenta en el desarrollo de un ecosistema integrado por residuos orgánicos difiere en función de la naturaleza de los materiales orgánicos y el manejo durante la descomposición. En general, la población microbiana disminuye en la medida que avanza la fase de maduración

de la vermicomposta. En explotaciones intensivas se considera que la población máxima es de 40 000 lombrices por m<sup>2</sup> (Tineo, 1994). Santamaría y Romero (2001), mencionan que pueden vivir hasta 50,000 individuos por m<sup>3</sup> en este caso, se encontró una densidad máxima de más de 70 000.

Se carece de información relacionada con el comportamiento en el tiempo de los estadios poblacionales de este tipo de anélido cuando se usan sustratos con diferencias acentuadas en cuanto a su composición nutricional en grandes volúmenes (García, 2007).

Una condición favorable proporciona una reproducción constante alta, entre los factores más importantes que afectan la reproducción se encuentra la densidad poblacional, la calidad del alimento, la temperatura, el pH y la humedad del sustrato (Schuldt, 2004).

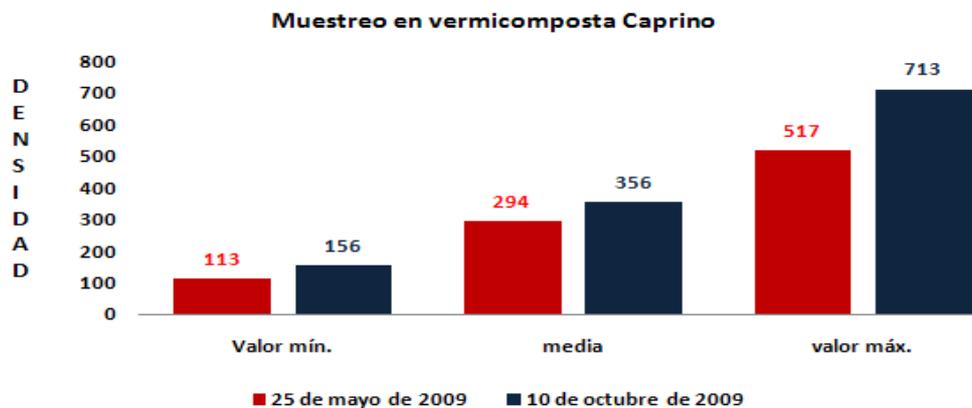
El mismo investigador menciona que, el manejo de la densidad poblacional es importante, ya que en un lecho donde haya densidades bajas aumenta rápidamente la población y por el contrario cuando la población es alta se disminuye la tasa de reproducción.

La calidad del alimento influye en gran medida en la reproducción de las lombrices, ya que si se suministra alimentos maduros (más tiempo de descomposición) y de buena calidad aumenta la producción (Bollo, 2001).

Según Tineo (1994), cuando los alimentos se descomponen sin presencia de oxígeno, se presenta un efecto negativo en la población de las lombrices, ya que hay producción de gases nocivos y aumento de la temperatura del sustrato; lo que afecta la fecundidad de las lombrices. Como ya se mencionó, el rango óptimo de temperatura para la reproducción se encuentra entre los 15 °C y los 25 °C; la humedad relativa de 75 % a 90 %; y según Bollo (2001) las lombrices requieren de un pH neutro en el sustrato. Probablemente estos factores variaron fuera del rango en que se requieren y ocasionaron la disminución de la población de lombrices en

la vermicomposta de caballo. Schuld (2004) sostiene que el número de acoplamientos y la postura de reproducción son afectados por las malas condiciones de los sustratos.

Una alta densidad de lombrices en un área afecta de manera negativa la puesta de huevos, y este es un factor clave para el establecimiento de nuevos vermicultivos (Schudlt, 2005). En el primer conteo podemos apreciar, Cuadro 1, como los valores en la vermicomposta de caballo son superiores en cuanto a la cantidad de lombrices/m<sup>3</sup> en comparación con la vermicomposta de cabra y en el segundo conteo sucede lo contrario, como se puede observar tiene índices de una superpoblación o sea más de 20000 lombrices/m<sup>3</sup>, que es lo que Martínez (2003) menciona como una sobresaturación de densidad, por lo que cuando se llegue hasta este valor debe hacerse obligatoriamente un desdoble a la cama que se esté tratando.



**Figura 2. Densidad de lombrices de tierra (*Eisenia foetida*) encontradas en dos fechas de muestreo en vermicomposta de cabra. Ejido Emilio Carranza, Municipio de Nazas, Durango. Mayo - octubre de 2009.**

El hecho de que exista una superpoblación en el caso de las dos vermicompostas, hace que los niveles sean elevados ya que el número de lombrices en el primero y segundo conteo arroja valores superiores a los que expone Martínez (2003), con este tipo de alimentación (empleo del estiércol caprino y equino como sustrato) cuya cuantía sobrepasa más de 100 000 lombrices en toda el área. De acuerdo

con Compagnoni y Putzolu (1995), un cultivo de lombrices con alta intensidad puede alcanzar una densidad promedio de 30 000 a 40 000 L/m<sup>3</sup>/año; lo que indica que en este experimento se obtuvo una densidad poblacional de lombrices muy exitosa.

Si el interés es la elaboración de abono, la población encontrada en este experimento, puede ser suficiente para biotransformar los sustratos orgánicos utilizados y producir lombricomposta con características aceptables Durán y Henríquez (2007) y Nava (2003), (Figuras 1 y 2).

### **Análisis de macro y microelementos vermicompostas de origen caprino y equino**

En el Cuadro 2 se observa que hubo diferencia en MO en los dos vermicompostas. En la vermicomposta de origen caprino se encontró 74.19 % a diferencia de la vermicomposta de origen equino fue de 52.25 %. Pérez *et al* (2008), estudió la caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana encontró 78.3 % de MO en vermicomposta de cabra y 81 % en vermicomposta de origen equino, la MO analizada en este trabajo es semejante con la que estos investigadores hallaron en la vermicomposta de origen caprino, y existió diferencia en cuanto a las vermicomposta de origen equino (52.2 % contra 81 %). Estos resultados coinciden con lo reportado por Castillo *et al.* (2000) donde reporta que los mayores contenidos de MO se encuentran en vermicomposta a base de estiércol caprino.

Este alto contenido de MO es una fuente importante de liberación de nutrientes. Meléndez (2003) reportó que el contenido de MO de la vermicomposta tiene un efecto positivo sobre la fertilidad de los suelos. Está demostrado que incrementos mínimos de MO mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Meléndez, 2003). Roig y Cayuela (2007) mencionan la importancia de la MO en el

suelo, y sus efectos benéficos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas en éste. Considerando lo anterior se admite que el humus de lombriz mejora la fertilidad de los suelos.

El rango de valores de pH de los diferentes vermicompostas fue de 8.7 en vermicomposta caprino y de 6.3 en equino, lo que posiblemente haya sido un factor importante por la que disminuyó la población de lombrices que se mencionó anteriormente. De acuerdo a Pérez *et al* (2008) en el estudio que realizó, sobre calidad de la vermicomposta, el pH en vermicomposta caprino fue de 8.9 y de 7.3 en equino, al relacionar este rango de valores de pH con los mostrados, se observó una menor variación (Cuadro 2). Datos que coinciden con el estudio realizado por Manh (2003), el cual señala que el máximo pH que adquirió el sustrato fresco de bovino fue de 8.14, las lombrices sobrevivieron y en el sustrato de aves de corral con un pH de 7.29, el cual afectó completamente la viabilidad de la lombriz californiana. Por otra parte, Santamaría *et al.* (2002), concluyen que en pH, de más de 9.5 las lombrices no se reproducen y mueren. Los mismos investigadores mencionan que el pH es un factor que puede limitar la reproducción y adaptación de las lombrices de tierra, ya sea si es muy ácido o muy básico; lo ideal es que se encuentre entre 6.5 y 7.5, el pH de la vermicomposta equino es el que más se acercó al ideal ya que fue de 6.3. Mientras que el pH de la vermicomposta caprino presentó una diferencia considerable con respecto al ideal superior (7.5). Posiblemente las diferencias entre los pH obtenidos en las vermicompostas caprino y equino se deba a que las cabras andan libremente consumiendo vegetación nativa y espontánea (generalmente es una vegetación basófila), mientras que los caballos consumen vegetación de cultivos que se les proporciona en los establos.

Al analizar el contenido de N (Cuadro 2), se observó que en la vermicomposta de origen caprino fue de 22.65 mg/kg<sup>-1</sup> y 13.29 mg/kg<sup>-1</sup> en vermicomposta equino. De acuerdo a Santamaría y Ferrera (1997) en un estudio que realizó sobre dinámica poblacional de *eisenia andrei* en diferentes residuos orgánicos, el contenido de N en estiércol encontrado fue de 13.8 mg/kg<sup>-1</sup> y de 20.0 mg/kg<sup>-1</sup> respectivamente, y

en la mezcla de desechos frutas y verduras del mercado más estiércol fue de 24.5 mg/kg<sup>-1</sup>. Considerando los resultados obtenidos por estos investigadores, la concentración de N en este trabajo fue aceptable, posiblemente influyó positivamente para un mejor desarrollo de las lombrices.

En cuanto al carbono orgánico (CO) en la vermicomposta caprino fue de 43.03 % y la relación C/N fue de 19:1. Mientras que se obtuvo 30.36 % con 23:1 de la relación C/N en vermicomposta equino (Cuadro 2). Según Bollo (2005), en un trabajo en que evaluó la calidad de la vermicomposta, los valores más altos en relación C/N fue de 13:1. Se considera que una relación C/N de 25 a 30:1 es la óptima ya que representa un balance entre los dos elementos (Valenzuela, 2005). Los resultados de este trabajo demuestran que el humus es de alta calidad pues cuando la relación C/N es inferior a 20:1, los microorganismos no necesitan todo el nitrógeno para degradar la materia orgánica y por tanto al hacer las aplicaciones del abono, el nitrógeno estará en alta cantidades accesible para las plantas (Schitzer y Khan, 1978).

El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica, ya que forman parte de los compuestos bioquímicos principales (como proteínas). Debido a esto, y para poder obtener un compost de calidad, es importante que exista una relación equilibrada entre ellos (Bollo, 2005).

En la CE se observa que no hubo mucha diferencia entre ambos tipos de vermicomposta, la vermicomposta caprino fue de 14.63 milimhos/cm y de 12.12 milimhos/cm en vermicomposta equina (Cuadro2). Estos datos indican que ambas vermicompostas son altamente salinas. Un suelo con una CE mayor a 4 milimhos/cm nos indica problemas de salinidad por un exceso de concentración (Briceño *et al.* 2002), lo cual hace que los nutrientes difícilmente puedan ser asimilados por la planta. Sin embargo, Chicaiza (2007) realizó un experimento sobre producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo en lo cual la CE en vermicomposta caprino

fue de 17.3 y 12.2 milimohos/cm en equino y observó que a medida que el estiércol se va transformando en humus, la CE va disminuyendo, lo que puede ser beneficioso para una posterior aplicación del lombrihumus a un cultivo en campo, ya que como se mencionó anteriormente en este trabajo nada más se analizaron muestras durante los primeros muestreos.

En el Cuadro 2 se observa que los nutrientes tales como el Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio, se encuentran en cantidades mayores con respecto a los rangos señalados por Bollo, (2005). Esto indica que este humus es de alta calidad y puede ser utilizado como una alternativa para la fertilización de las áreas productivas en los suelos ya que estos son deficitarios en alguno de estos elementos. La cantidad de minerales en la vermicomposta depende de la materia orgánica utilizada para la alimentación de las lombrices (Tineo, 2001), por lo que el contenido de los elementos varía de acuerdo a la composición nutricional contenida en el material orgánico utilizada para la alimentación de las lombrices.

En el Cuadro 2, también se observa la cantidad de Cobre (Cu), Hierro (Fe) y Zn en  $\text{mg kg}^{-1}$ . En estos nutrimentos casi no hubo diferencia entre las concentraciones halladas en ambas vermicompostas. En vermicomposta caprino en Cu fue de 71.2 y en equino de  $80 \text{ mg kg}^{-1}$ , mientras que en la vermicomposta caprina en Fe fue de  $178.4 \text{ mg kg}^{-1}$  y en equino fue de  $176 \text{ mg kg}^{-1}$ . Bollo (2005) analizó los parámetros nutricionales en el humus de lombriz, la cantidad de Cu fue de  $85 \text{ mg kg}^{-1}$  como valor mínimo y 490 como valor máximo. En cuanto al Fe, de acuerdo a Chicaiza (2007) en un trabajo en que evaluó la calidad de la vermicomposta, la concentración que encontró fue de  $188 \text{ mg kg}^{-1}$ . En cuanto a Zn fue de  $46.25 \text{ mg kg}^{-1}$  en vermicomposta caprino y de  $46.25$  en vermicomposta equino. De acuerdo a Bollo, (2005) la cantidad de Zn fue de  $87 \text{ mg kg}^{-1}$  valor mínimo y de  $404 \text{ mg kg}^{-1}$  valor máximo. En este trabajo se considera que el Cu, Fe y Zn se encuentran dentro de los rangos señalados por estos investigadores.

**Cuadro 2. Valor de las variables de vermicomposta de origen caprino y equino. Ejido Emilio Carranza, Municipio de Nazas, Durango. Mayo-octubre de 2009.**

<b>Variables</b>	<b>Unidad</b>	<b>Muestra vermicomposta de Caprino</b>	<b>Muestra vermicomposta Equino.</b>
<b>N</b>	Mg/kg <sup>-1</sup>	22.62	13.29
<b>P</b>	%	0.12	0.19
<b>K</b>	Meq/100g	20.5	3.39
<b>MO</b>	%	74.19	52.25
<b>C/N</b>		19	23
<b>C.O</b>	%	43.03	30.36
<b>Cu</b>	Mg/kg <sup>-1</sup>	71..2	80
<b>Fe</b>	Mg/kg <sup>-1</sup>	178.4	176
<b>Zn</b>	Mg/kg <sup>-1</sup>	46.25	46.25
<b>CE</b>	Milimohos/cm	14.63	12.12
<b>pH</b>		8.69	6.31
<b>Ca</b>	Meq/L	9.68	10.22
<b>Mg</b>	Meq/L	3.51	3.69
<b>Na</b>	Meq/L	102. 33	107.29
<b>Ácidos fúlvicos</b>	%	4.7	5.12
<b>Ácidos húmicos</b>	%	4.4	4.21

Haciendo uso de las distintas características de solubilidad, han podido diferenciarse en las materias húmicas, ciertos grupos de sustancias distintos entre ellos, los ácidos húmicos y los ácidos fulvicos. Se observa que en la vermicomposta caprino fue de 4.7 % de ácidos fulvicos y ácidos húmicos 4.4 %, en cuanto a la vermicomposta equino fue de 5.1 % ácidos fulvicos y 4.2 % ácidos húmicos por lo tanto no hubo mucha diferencia (Cuadro 2). Ravera *at al* (2000) analizó los valores nutritivos de vermicomposta de ácidos fulvicos que varió de 2.8-5 % y 1.5-3 % de ácidos húmicos. Díaz (2002) analizó los valores medios analíticos del humus de lombricompostas y lo valores de ácidos fulvicos encontrando valores que variaron de 2-3 % de ácidos fulvicos y 5- 7 % de ácidos húmicos. Los valores húmicos en este trabajo se encuentran dentro del rango mencionado por estos

investigadores. La determinación de la calidad de la materia orgánica y permite evaluar su influencia en la fertilidad actual y potencial del suelo. El origen de estas sustancias se debe a la descomposición química y microbiana que actúa sobre los residuos de plantas y animales (Pereira y Zezzi-Arruda, 2003).

La formación de ácidos húmicos es realizada principalmente por hongos y algunos actinomicetos y su acción quelante contribuye a disminuir los riesgos carenciales y favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes (Fe, Cu y Zn) para la planta (Raviv, 2005).

Estudios sobre los efectos de las sustancias húmicas han provocado efectos consistentemente positivos sobre el crecimiento de la planta independientemente de la nutrición (Atiyeh *et al.*, 2002).

### **Análisis de Metales pesados en las dos vermicompostas**

Existen una serie de sustancias orgánicas e inorgánicas que a ciertas concentraciones (principalmente elevadas), inhiben o impiden los procesos biológicos. Por ejemplo, los metales pesados Pb, Cd, y As, que son considerados como metales no nutrimentales, que ejercen un efecto perjudicial, al actuar sobre las enzimas de las lombrices impidiendo reacciones de síntesis en el proceso de descomposición de la materia orgánica.

En el Cuadro 3 se observa que en ambos tipos de vermicomposta se detectaron Pb y Cd. El As no se detectó. Sin embargo, en la vermicomposta caprino y equino en cuanto a Pb hubo una concentración de 402.5 y 399.25 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente, estos resultados indican que este metal se halla en alta concentraciones de Pb, de acuerdo a los límites máximos permisibles (LMP) en materia de humus de lombriz (NMX-FF-109-SCFI-2007), lo máximo permisible que marca esta norma es de 100 mg kg<sup>-1</sup> de Pb. Asimismo se encuentra un poco por encima de la norma que establece la NOM-147 SEMARNAT/SSA1-2004, para suelo de uso agrícola, en el cual lo máximo permisible en es de 400 mg kg<sup>-1</sup>.

Las concentraciones de Cd fueron de 35.25 mg kg<sup>-1</sup> en la vermicomposta caprina y 34.25 mg kg<sup>-1</sup> en la vermicomposta equina (Cuadro 3). Estos resultados también indican altas concentraciones. De acuerdo a los LMP en humus de lombriz de tierra, la concentración es de 2.0 mg kg<sup>-1</sup> (NMX-FF-109-SCFI-2007), mientras que de acuerdo a la norma (NOM-147 SEMARNAT/SSA1-2004), en materia de suelos para uso agrícola lo máximo permisible es de 37 mgkg<sup>-1</sup> en Cd. Estos resultados, por un margen pequeño se encuentran dentro de los LMP, para usarlos en suelo agrícola.

Andriulo (2003), menciona que la mayor parte del alimento ofrecido a los bovinos y ovinos presenta cantidades traza de metales pesados, lo que modifica el contenido de nutrientes del estiércol excretado, que además de que emiten cantidades elevadas de gases tóxicos (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, hormonas y antibióticos) también acumulan metales pesados contaminantes como Pb y Cd.

**Cuadro 3** Valores de las variables de metales pesados en la vermicomposta de origen caprino y equino. Ejido Emilio Carranza, Municipio de Nazas Durango. Mayo-octubre de 2009.

<b>Variables</b>	<b>Muestra vermicomposta Caprino</b>	<b>Muestra vermicomposta equino</b>	<b>*LMP en humus de lombriz (NMX-FF-109-SCFI-2007)</b>	<b>*LMP en suelos agrícolas NOM-147 SEMARNAT/SSA1-2004.</b>
	<b>Mg/kg<sup>-1</sup></b>	<b>Mg/kg<sup>-1</sup></b>	<b>Mg/kg<sup>-1</sup></b>	<b>Mg/kg<sup>-1</sup></b>
<b>As</b>	0	0	15	22
<b>Pb</b>	402.5	399.25	100	400
<b>Cd</b>	35.25	34.25	2.0	37

\*LMP=límite máximo permisible

Dentro de los metales hay dos grupos; macronutrientes, que son requeridos en concentraciones elevadas y oligonutrientes o micronutrientes que son los requeridos en pequeñas cantidades o cantidades traza por plantas y animales y

son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. Pasado cierto umbral se vuelven tóxicos. Como el B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Fe, Se y Zn.

Los metales pesados como el As, Pb y Cd, sin función biológica conocida, al presentarse en concentraciones elevadas en seres vivos ocasionan disfunciones en los organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos (García y Dorronsoro, 2005).

En el suelo los metales pesados, están presentes como iones libres, compuestos metálicos solubles, compuestos insolubles como óxidos, carbonatos e hidróxidos, (Pineda, 2004).

Cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanzan niveles que rebasan los límites máximos permitidos causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente, así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo, el término que se usa o se emplea es “polución de suelos” (Martín, 2000).

La contaminación en suelos por metales pesados ocurre cuando estos son irrigados con aguas procedentes de desechos de minas, aguas residuales contaminadas de parques industriales y municipales y filtraciones de presas (Wang *et al.*, 1992).

## CONCLUSIONES

Tanto el crecimiento y desarrollo, como la reproducción de *Eisenia foetida* se ven favorecidos por densidades poblacionales altas, situación que se explica principalmente por la abundancia de alimento, composteado.

Los resultados indicaron que el estiércol equino fue mejor para estimular la dinámica poblacional de las lombrices, en comparación con el estiércol caprino.

La calidad de la vermicomposta obtenida es buena, ya que la mayoría de los nutrientes están presentes en concentraciones adecuadas para el desarrollo óptimo de las plantas.

La lombriz roja californiana produjo vermicomposta contaminada con Pb y Cd, lo que indica que se alimentó de composta que presentó contaminación de estos metales.

La lombriz roja californiana sobrevivió y se reprodujo a las concentraciones de estos contaminantes, lo que indica que probablemente pueda ser empleada como biorremediadora de estiércol contaminado con Pb y Cd.

La elaboración de vermicomposta a partir de residuos orgánicos de origen animal, así como el estiércol caprino y equino son una alternativa que genera un producto con valor agregado, disminuye la contaminación y riesgos ambientales de la población.

## RECOMENDACIONES

Analizar Pb y Cd en los alimentos que se les proporcionan a los animales con el objetivo de determinar si contienen éstos contaminantes.

Analizar tanto el agua de beber a los animales, como de riego empleada en el mantenimiento del estiércol precompostado, así como la vermicomposta, principalmente con el objetivo de detectar las fuentes de contaminantes con Pb y Cd.

Proporcionar alimento inocuo a los animales para producir vermicomposta libre de contaminantes.

Monitorear la calidad de la vermicomposta, con el objetivo de conocer la evolución de la disponibilidad de los nutrimentos.

Hacer análisis microbiológicos con el objetivo de detectar la no presencia de patógenos, o microorganismos que pudieran ocasionar algún daño potencial tanto a las plantas como a otros integrantes de los ecosistemas.

Establecer parcelas con fertilización de esta vermicomposta y dar seguimiento a los metales detectados.

## LITERATURA CITADA

- Andrade- Prado, H. 2004. Elaboración de compostas con Residuos Orgánicos de la región. Diálogos. Consejo de ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco. 8-14pp. Disponible en: <http://www.ccytet.gob.mx/frames/SITIO%202004/DI%C3%81LOGOS%2014-01.pdf>. Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2009.
- Andriulo, A., Sasal, C., Améndola, C. y Rimatori, F. 2003. "Impacto de un sistema intensivo de producción de carne vacuna sobre algunas propiedades del suelo y del agua. INTA, Argentina". 32 (3): 27-56.
- Andriulo, A., Sasal, C., Améndola, C. y Rimatori, F. 2003 "Impacto de un sistema intensivo de producción de carne vacuna sobre algunas propiedades del suelo y del agua. INTA, Argentina". 32 (3): 27-56.
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q. and Metzger, J. D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Biores. Technol. 84: 7-14.
- Baker, G. H.; Whitby, W. 2003. Soil pH preferences and the influences of soil type and temperature on the survival and growth of *Aporrectodea longa* (Lumbricidae). Pedobiología 47, 745-753.
- Bollo, E. 2001. Lombricultura: una alternativa de reciclaje. Quito, EC, Oboc Grafic.150 p.
- Bollo, E. 2005. Humus de lombriz y su aplicación. (En línea). Chile, Ofertas agrícolas. Consultado 23 de agosto 2009. Disponible en <http://www.ofertasagricolas.cl/articulos/articulo/161>.

- Briceño, J; Chavarri, F; Alvarado, G; Gadea, A. 2002. Materia orgánica: Características y uso de los insumos en suelos de Costa Rica. Editorial EUNA. San José, Costa Rica. 33 – 41 p.
- Brown, G. G., Feller, C., Blanchart, E., Deleporte, P., Cheryanskii, S. S. 2003. With Darwin, earthworm turns intelligen and become human friends. *Pedobiología* 47 (5-6), 924-933.
- Castillo, A. E., Quarín, S. H., Iglesias, M. C., 2000.Vermicompost chemical and physical characterization from raw and mixed organic wastes. *Agricultura Técnica* 60: 74-79.
- Chicaiza, P. 2007. Tesis: Producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo (Honduras) p. 6-7.
- Compagnoni, L.; Putzolu, G. 1995. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. Barcelona, ES, Edit. De Vecchi. 127 p.
- Compagnoni, L.; Putzolu, G. 1995. Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus. Barcelona, ES, Edit. De Vecchi. 127 p.
- Díaz, E. 2002. Guía de lombricultura. Agencia de desarrollo Económico y Comercio Exterior (ADEX). Escuela de agricultura y ganadería de Nicaragua. P 27.
- Durán, L. y C. Henríquez. 2007. Caracterización física, química y microbiológica de vermicompostas producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1):41-51.

- Durán, L. y C. Henríquez. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas y Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica 33(2): 275-281.
- Eastman, R. 1999. Achieving pathogen stabilization using vermicomposting. BioCycle.62-64.Disponible en: <http://gnv.fdt.net/windle/refrence/nov99.htm>. Fecha de consulta: 22 de diciembre de 2009.
- FAO 2002. Agricultura Mundial: Hacia los Años 2015/2030. [www.fao.org /docrep /004/ y 3557s/y3557s00.htm](http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s00.htm) (Cons. 12 de diciembre de 2009). Roma, Italia.
- Farías, D., Ballesteros, M., Bendeck, M. 1999. Variación de parámetros fisicoquímicos durante un proceso de compostaje. Revista Colombiana de Química. Volumen 28 (1). 5 p.
- Ferruzzi, C., 1987. Manual de lombricultura. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid.
- García, I., Dorronsoro, C. 2005. Contaminación por Metales Pesados. En Tecnología de Suelos. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola. <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/introd.htm>.
- García, S. 2007. Estudio biológico y evaluación de sustrato (estiércol vacuno con rastrojo de maíz) en la reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida* Sav.) en Tingo María. En línea: [www.fao.org/ag/AGL/agll/rla128/ unas/uncis10/unas10-30.htm](http://www.fao.org/ag/AGL/agll/rla128/unas/uncis10/unas10-30.htm). Consultado: Enero, 2010.
- Garvín, M.H.; Trigo, D.; Hernández, P.; Ruíz, M.P.; Díaz, D.J. 2002 interactions of *Homogaster elisae* ( Oligochaeta, Hormagastriidae) whit others Earthworms Species from Redueña (Madrid Spain). *Applied Soil Biology* 20, 163-169.

- Gunadi, B., Blount, C., Edwards, C. A. 2002. The growth and fecundity of *Eisenia fetida* (Savigny) in cattle solids pre-composted for different periods. *Pedobiología* 46, pp.15–23.
- Hernández JA. 2006. *Lumbricultura en Zonas Cálidas*. 2ª ed. Cuaderno de Extensión Rural N° 4. División de Extensión Agrícola. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. 42 pp.
- Herrera, J.A.D. & De Mischis, C. 1995. Influence of feeding in the biological cycle of *Eisenia foetida* (Savigny) (Annelida, Oligochaeta, Lumbricidae). Part I. *Megadrilologica* 5(11): 117-124.
- Higa, T., Parr, J. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. Atami, JP, International Nature Farming Research Center. 17 p.
- INIFAP. 2006. Campo Experimental Costa de Ensenada.
- Jiménez, J. J.; Brown, G. G., Decaëns, T.; Felijoo, A., Lavallo, P. 2000. Differences in the timing of aestivation in tropical earthworms. *Pedobiología*. 44 (6), 677-694.
- Jimenez, J. J., Decaëns, T. 2004. The impact of soil organisms on soil functioning under neotropical pastures: a case study of a tropical anecic earthworm species. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103 (2), 314 -329.
- Kreuzer, K., Bonkowski, M., Langel, R., Scheu, S. 2004. Decomposer animals (Lumbricidae) and organic matter distribution affects the performance of *Lolium perenne* (Poaceae) and *Trifolium repens* (fabaceae). *Soil Biology and Biochemistry* 36 (12), 2005-2011.

- Legall, J. (2006). *Manual básico de lombricultura*. Nicaragua: Escuela de Agricultura.
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). 2009. Normas de calidad.
- López, J. 2000. Transformación de Desechos Orgánicos Contaminantes por la Lombriz de Tierra *Eisenia foetida* Savigni y Caracterización de su Humus. Tesis para obtener el grado de Maestra en Suelos de la Universidad Veracruzana. México.
- López, J. M. A., Hernández, S. M. y Elorza, M. P. 2003 "Evaluación de la densidad de población de la lombriz compostera (*Eisena andrei savigni*)". Revista Científica UDO Agrícola. 3(1):12-16.
- Manh C. T. 2003 "Effects of different substrates and levels of seeding on reproductive rate of earthworms". From MEKARN Mini-projects.15 (5).
- Martin, C. W. 2000. Heavy Metals Trends in Floodplain Sediments and Valley Fill. *Catena* 39, 53-68.
- Martínez R, 2001. Basura Urbana, Lombricultura y el peligro de contaminación de sus productos. En: *2do Congreso Iberoamericano de Química y física ambiental*, Varadero, 102p.
- Martinez, F., J. C. 2003. Bernardo, R. Nogales, L. Rovesti. Manual práctico de lombricultura. Pag. 24.
- Martinez-Cerdas, C. 1999. Potencial de la lombricultura. Transformadora de Papel Texcoco. Texcoco. 141 p.

- Meléndez, G. 2003. Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos. En Abonos orgánicos: Principios, características e impacto en la agricultura. Ed Meléndez, G. San José, Costa Rica. pp. 50-63.
- MOA (Fundación Mokichi Okada, BR). 1998. Microorganismos eficaces (EM) y EM Bokashi en la agricultura natural. Sao Paulo, BR, Centro de Pesquisa. 23 p.
- Morales, E. 1997. El pH y los Materiales Orgánicos. Monografía: UAAAN, Buenavista, Saltillo Coahuila. Fecha de consulta: 6 septiembre dl 2009.
- Nava, C. 2003. Humus de la lombriz: el mejor fertilizante natural del mundo (en línea). Buenos Aires, Argentina. Consultado 5 nov. 2009. Disponible en <http://usuarios.arnet.com.ar/mmorra/Humus.htm>.
- NMX-FF-109-SCFI-2007. (2008). Humus de lombriz. Especificaciones y Métodos de prueba. México: Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Establece Criterios para Determinar las Concentraciones de Remediación de Suelos Contaminados por Arsénico, Berilio, Cadmio, Cromo Hexavalente, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio, Talio y Vanadio, Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de Noviembre de 2005.
- Paoletti, M. G. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. Agric. Ecosyst. Environ. 74: 137-155. Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2009.

- Peña, E.; Companioni, N.; Carrión, M. y Rodríguez, A. 2000. Abonos Orgánicos: Su producción y manejo. En: *Organopónicos y la producción de alimentos en la Agricultura Urbana*. Seminario –Taller. FIDA-MINAG-CIARA., 16-25p.
- Peña. R. 2001. Dos métodos de obtención de abonos orgánicos a partir de los residuales de la industria del cítrico, impacto sobre el medio ambiente y su evaluación. En: *IV encuentro de agricultura orgánica*. ACTAF. La Habana, 292p.
- Pereira, M. G. and Zezzi-Arruda, M. A. 2003. Vermicompost as a Natural Adsorbent Material: Characterization and Potentialities for Cadmium Adsorption. *J. Braz. Chem. Soc.*, 14(1): 39-47.
- Pérez, A. Cespedes, C; Núñez, P. 2008 Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana. *R.C. Suelo Nutr. Veg.*, Temuco, v.8, n.3, .Disponible en <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071827912008000300002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071827912008000300002&lng=es&nrm=iso)>. Consultado el 17 feb. 2010. doi: 10.4067/S0718-27912008000300002.
- Pineda, H. R. 2004. Presencia de Hongos Micorrízicos Arbusculares y Contribución de *Glomus Intraradices* en la Absorción y Translocación de Cinc y Cobre en Girasol (*Helianthus Annuus L.*) Crecido en un Suelo Contaminado con Residuos de Mina. Tesis para Obtener el Grado de Doctor en Ciencias Universidad de Colima. Tecoman, Colima.
- Räty, M. 2004. Growth of *Lombricus terrestris* and *Aporrectodea caliginosa* in an acid forest soil, and effects on enchytraeid populations and soil properties, *Pedobiología* 48 (4), 321-328.

- Ravera, A.; De Sanzo, C. 2000. Como criar lombrices rojas californianas. Manual Gratuito (en línea). Buenos Aires, Argentina. Consultado 2 diciembre de 2009. Disponible en <http://www.lombricesrojas.com.ar/libro>.
- Raviv, M. 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review. *Hort Technology*. 15(1): 52-57.
- Reinés, A., M. M. 2004. Dinámica y causa de la presencia de planarias terrestres Plathelminthes: terrícola en unidades de lombricultura en Cuba. Memoria del Primer Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos: Inocuidad Alimentaria y un Ambiente Sano. 10-12 de marzo. Guadalajara, Jalisco, México. p. 118-121.
- Rodriguez, C. & Reynoso, V. 2001. Parámetros reproductivos de *Eisenia foetida* (*Oligochaeta, Lumbricidae*) en contenido ruminal y estiércol de conejo. Resúmenes 11ava. Jornada Nacional de Lombricultura. Gral. Cabrera. Córdoba.
- Rodríguez, G. 2003. Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de lombricomposta con *Eisenia Foétida*. *Naturaleza y desarrollo*, 3-5.
- Roig, A. y L. Cayuela. 2007. La materia Orgánica en el suelo. Compostaje y aplicaciones de residuos orgánicos. En: Importancia del binomio "Suelo-Materia Orgánica" en el desarrollo sostenible. Editado por: Sánchez, M. y Cabañas, D. CEBAS-CSIC-UADY. Pp. 43-88.
- Rossi, J. P. 2003. Cluster in earthworm spatial distribution. *Pedobiologia* 47, 490-496.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D. F. 431 p. Fecha de consulta: 15 de octubre del 2009.

Salazar, E., López, J., Zúñiga, R., Vázquez, C., Fórtiz, M., Vital, J. 2003. Uso y aprovechamiento del estiércol como alternativa nutricional en invernadero. (en línea). México, U.A.A.A.N. Consultado 10 octubre de 2009. Disponible en [http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/uso\\_estiercol.pdf](http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/uso_estiercol.pdf)

Sangakkara, U.R. 1999. Guidelines for practical use In: Kyusei Nature Farming and the technology of effective microorganisms Manual. APNAN. Bangkok, TH. 44 p.

Santamaría, R. S. y Ferrera, C. R. 2002. Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos". Terra. 20 (3):303-310.

Santamaría, R. y R. Ferrera, 1997 dinámica poblacional de *eisenia andrei* en diferentes residuos orgánicos. Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados. 56230 Montecillo, estado de México. 309 p.

Santamaría-Romero, S. R. Ferrera-Cerrato, J.J Almarez-Suarez, A. Galvis-Spinola. 2001. Dinámica y relación de los microorganismos, C-orgánico y N- total durante el composteo y vermicomposteo. Agrociencia 35 (4): 377-384.

Scheldt, M., Rumi, A. & Gutierrez Gregoric, D.E. 2003. Estimación de la capacidad de porte en lombricultivos de *Eisenia foetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) con distintas materias orgánicas. *Actas VII Jornadas de Zoología de Uruguay* 86. Montevideo.

Scheu, S. 2003. Effects of earthworms on plant growth: patterns and perspectives. *Pedobiologia* 47, 846-856.

- Schitzer M; y Khan, S.U. 1978. Soil Matter. Ámsterdam, NL, Elsevier Scientific Publishing. 319 p. (Development in soil science 8).
- Schuldt, M. 2001. Lombricultura: su teoría y práctica en el ámbito agropecuario, industrial y doméstico. Imprelyf. La Plata. 136 pps.
- Schuldt, M. 2004. Lombricultura fácil. La Plata, AR. 151 p.
- Schuldt, M., Christiansen, R., Scatturice, L. A. y Mayo, J.P., 2006. Conducción de lombricultivos en condiciones de temperie extremas (zonas frias). RedVet.VII (7):1-7. P
- Schuldt, M., Rumi, A. de Belaustegui H.P. & Damborenea, M.C. 1999. Potencial reproductor de *Eisenia foetida* (Annelida, Ologichaeta) y estructura poblacional del lombricultivo. *Resúmenes 14 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo CLACS 99 VI*: 1-4. Pucón.
- Schuldt, M., Rumi, A. Guarrera, L. & de Belaustegui, H.P. 1998. Programación de muestreos de *Eisenia foetida* (Annelida, Lumbricidae). Adecuación a diferentes alternativas de manejo. *Revista Argentina de Producción Animal* 18(1): 53-66.
- Schuldt, M., Ruml, A. y Gutiérrez-Gregoric, D. E. 2005. Determinación de "edades" (clases) en poblaciones de lombrices: implicancias reprobológicas. *Revista del Museo de La Plata n.s. zoología (Argentina)*, 17(170):1-10.
- Schuldt, M., Rumi, A., Guarrera, L. de Belaustegui, H.P. & Mauro, J.P. 1999. Producción de lombricompuesto a partir de egestas de *feedlot*. Población de lombrices y gestión de residuos. *Revista Argentina de Producción Animal* 19(2): 331-346.

- Shintani, M; y Tabora, P. 1998. Producción de bokashi para agricultura orgánica en los trópicos. Guácimo, CR, Universidad EARTH.14 p.
- Tineo, A. 1994. Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas. Tesis Mag, Sc. Turrialba, CR, CATIE. 33 p.
- Ulloa, E. 2003. Manual básico de lombricultura. (En línea). Magallanes, CH, Universidad de Magallanes. Consultado 12 oct. 2009. Disponible en <http://www.umag.cl/explora/apuntes/MANUALLOMBRICULTURA.doc>
- Valenzuela, S.C.2005. Elaboración y uso de compostas. Folleto para Productores No. 26.
- Valle, J. V.; Moro, R.P.; Garvín, M.H.; Trigo, D.; Díaz, D.J. 1997. Annual Dynamics of the earthworm *Hormagaster elisae* (Oligochaeta, Hormagastriidae) in Central Spain. *Soil Biology and Biochemistry* 29 (3-4), 309-312.
- Venter, J.M. & Reinecke, A.J. 1988. The life cycle of the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *South African Journal of Zoology* 23(3):161-165.
- Wang, Y. P., y Chao, C.C. 1992. Effects of Vesicular- Arbuscular Mycorrhizae and Heavy Metals on the Growth of Soybean and Phosphate and Heavy Metal Uptake by Soybean in Major Soil Groups of Taiwan. *J. Agric. Assoc. China New. Ser.* 157, 6-20.
- Whalen, J. K. 2004. Spatial and temporal distribution of earthworm patches in corn field, hayfield and forest of southwestern Québec. *Applied Soil Ecology* 27, 143-151 p.

## APÉNDICE

**Cuadro 1.** Numero de muestreos de lombrices de tierra que se realizaron en la primera y segunda fecha en vermicomposta caprino y equino. Ejido Emilio Carranza, Municipio de Nazas, Durango. Mayo-octubre de.2009.

N° de muestreos	* 1° Fecha		**2° Fecha	
	N° de lombrices en caprino	N° de lombrices en equino	N° de lombrices en caprino	N° de lombrices en equino
1	320	210	737	147
2	502	243	375	196
3	205	200	204	247
4	160	369	417	242
5	180	277	156	144
6	122	369	303	169
7	132	399	516	180
8	118	344	619	173
9	128	521	283	261
10	220	315	316	169
11	113	300	168	453
12	172	397	313	137
13	236	220	429	178
14	360	425	320	287
15	215	150	251	182
16	290	420	365	207
17	322	200	280	278
18	370	590		
19	388	320		
20	380	315		
21	440	338		
22	480	315		
23	493	470		
24	498	370		
25	517	380		

\*Fecha 1°= 25 de mayo de 2009

\*\*Fecha 2°= 10 de octubre de 2009