



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Efecto del sustrato orgánico en la reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.) y en la calidad de su vermicomposta.

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGA

PRESENTA:
ERICKA ARACELI MARTÍNEZ JUAN

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. MARÍA SOCORRO OROZCO ALMANZA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN ECOLOGIA VEGETAL

Investigación realizada con el fin financiamiento de DGAPA

UNAM mediante proyecto PAPIME PE203715

MÉXICO, D.F MAYO 2015





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

A Dios por prestarme la vida y permitirme concluir este sueño, a mis padres, Mauro Martínez y Lucia Juan que nunca me dejaron sola, siempre confiaron en mí y serán por siempre mi motivo para continuar superándome y a mis hermanos por apoyarme siempre.

A mi directora de tesis Dra. Socorro por el gran apoyo, paciencia, enseñanza, experiencia y dedicación que tuvo a la realización de este proyecto.

A mis amigos, compañeros y profesores que compartieron conmigo a lo largo de estos años de universitaria, experiencias y aprendizajes para formarnos y hacer frente a los retos que se nos presente la vida.

Gracias

Att. Ericka Araceli Martínez J.

INDICE

I. RESUMEN	1
II.INTRODUCCIÓN	2
III.ANTECEDENTES	3
3.1 TIPOS DE ABONOS ORGÁNICOS.	5
3.1.2 Composta	5
3.1.3 Vermicomposta.....	5
3.2 VERMICULTURA	6
3.3 EFECTOS DEL HUMUS DE LOMBRIZ.....	9
3.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE <i>EISENIA FOETIDA</i>	11
3.5 ANATOMÍA INTERNA.	12
3.5.1 SISTEMA DIGESTIVO.....	12
3.5.2 SISTEMA NERVIOSO.	13
3.5.3 SISTEMA CIRCULATORIO.....	13
3.5.4 SISTEMA RESPIRATORIO.....	14
3.6 CICLO DE VIDA Y REPRODUCTOR	14
3.7 CONDICIONES PARA EL DESARROLLO DE <i>EISENIA FOETIDA SAV</i>	15
3.7.1 Temperatura	15
3.7.2 Humedad.	16
3.7.3 pH.....	16
3.7.4 Aireación.....	16
3.8 IMPORTANCIA DEL JITOMATE (<i>LYCOPERSICONESCULENTUM MILL</i>).....	17
3.8.1 Condiciones edofoclimáticas.	17
IV.PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.	18
V.JUSTIFICACIÓN.	19
VI.HIPÓTESIS:	20
VII.OBJETIVO:.....	20
VIII.OBJETIVOS PARTICULARES:	20
IX.MÉTODO:.....	20

9.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS EXPERIMENTOS.....	21
9.2 MATERIAL BIOLÓGICO.....	21
9.3 PREPARACIÓN DE LAS DIETAS.....	21
9.3.1 DIETA 1. ESTIÉRCOL DE CABALLO.....	21
9.3.2 Dieta 2. Residuos Vegetal.....	21
9.3.3 Dieta 3. Desecho de café.....	22
9.4 EVALUACIÓN DE LOMBRICES.....	22
9.4.1 Variables a evaluadas.....	22
9.5 VERMICOMPOSTEROS.....	23
9.5.1 Variables evaluadas.....	23
9.6 SIEMBRA DEL JITOMATE (<i>LYCOPERSICON ESCULENTUM</i> MILL).....	24
9.6.1 Variables de respuesta en el cultivo del jitomate.....	24
9.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	25
9.7.1 Diseño experimental de crecimiento poblacional de lombrices.....	25
9.7.2 Diseño experimental de variables de respuesta de jitomate.....	25
X. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	26
10.1. COMPOSICIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE CADA UNA DE LAS DIETAS PARA LA ALIMENTACIÓN DE LA LOMBRIZ.....	26
10.1.2 pH.....	26
10.1.3 Materia orgánica.....	27
10.1.4 Relación C/N.....	27
10.1.5 Nitrógeno, fósforo y potasio.....	27
10.1.6 C.E.....	28
10.2. PORCENTAJE DE ADAPTACIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA (<i>EISENIA FOETIDA</i>) EN LAS TRES DIFERENTES DIETAS: ESTIÉRCOL DE CABALLO, RESIDUO VEGETAL Y RESIDUO DE CAFÉ.....	29
10.3. DESARROLLO (JUVENILES, SUBADULTAS Y ADULTAS) Y REPRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA EN TRES DIETAS: ESTIÉRCOL DE CABALLO, RESIDUO VEGETAL Y RESIDUO DE CAFÉ.....	30
10.3.1. DESARROLLO DE LOMBRICES JUVENILES.....	30

10.3.2. Desarrollo de lombrices sub-adultas.....	32
10.3.3 Desarrollo de lombrices adultas.....	34
10.4 TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO DE LA POBLACIÓN.....	36
10.4.1 Dieta. Estiércol de caballo.	37
10.4.2 Dieta. Residuo vegetal.....	38
10.4.3 Dieta. Residuo de café	39
10.5 EFICIENCIA DE TRANSFORMACIÓN EN PESO.....	41
10.6 EVALUACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LA VERMICOMPOSTA RESULTANTE DE LA CRIANZA DE LA LOMBRIZ.	42
10.7 EVALUACIÓN DE VERMICOMPOSTA EN JITOMATE:	44
10.7.1 Altura de planta (cm)	44
10.7.2 Diámetro del tallo (cm).....	46
10.7.3 Número y peso frutos por planta.....	47
10.8. RENDIMIENTO Y PESO PROMEDIO DE FRUTOS.....	48
XI.CONCLUSIONES.....	51
XII.REFERENCIAS.....	52

I. Resumen

La vermicomposta es una tecnología que utiliza una especie de lombriz domesticada (*Eisenia foetida*), obteniendo a partir de subproductos orgánicos como estiércol de caballo, pulpa de café, trigo, cebada, residuos vegetales o residuos provenientes de procesos industriales, un humus rico en nutrientes que mejora las condiciones de los suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y sobre explotación

La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar física y químicamente tres diferentes vermicompostas utilizando diferentes sustratos orgánicos (residuo vegetal, residuo de café y estiércol de caballo) antes y después de ser procesada por la lombriz. Así como también se evaluó el desarrollo de lombrices juveniles, subadultas y adultas y la reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.) en las diferentes dietas, mediante la cuantificación total de la población. Para encontrar el mejor modelo de crecimiento poblacional, se realizaron regresiones lineales y no lineales con ayuda de Stata versión 9. Se realizó un análisis nutrimental de los lixiviados obtenidos de las vermicompostas de cada dieta y por último se evaluó el desarrollo y crecimiento del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en las tres vermicomposta, a los resultados obtenidos se les aplicó una prueba ANOVA para la comparación de medias entre tratamientos y una prueba Tukey con 95% de confianza.

Los resultados mostraron que la vermicomposta de residuo vegetal presentó las mejores concentraciones nutrimentales (N, P, K), lo cual repercutió en un mejor rendimiento del jitomate guaje. Por otra parte existieron diferencias significativas en cuanto al desarrollo y reproducción de la lombriz roja, mostrando mejor resultado la dieta de estiércol de caballo, seguida por la dieta de residuo vegetal y por último la dieta de residuo de café. Esto demuestra que la composición inicial de los abonos orgánicos está directamente relacionada

con la producción de lombriz y la composición final de la vermicomposta la cual a la vez está reflejada en el rendimiento total del cultivo de jitomate.

II.Introducción

La agricultura convencional, basada en el modelo de la Revolución Verde, se caracteriza por una serie de prácticas tales como: monocultivo, aplicación de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas químicos, las cuales promueven una alta producción en la agricultura, a costa de la pérdida de la fertilidad del suelo, de la biodiversidad y de la contaminación del agua y aire (Pérez, 2006).

Actualmente, las consecuencias de la aplicación de éstas prácticas durante los últimos 50 años, han generado una reducción en los rendimientos de los cultivos agrícolas, debido a que se ha erosionado el recurso suelo el cual es el elemento más importante para el desarrollo y crecimiento vegetal.

Es urgente practicar una agricultura alternativa basada en principios ecológicos cuyas prácticas permitan la recuperación de los suelos degradados. Una de las prácticas más importantes para recuperar el suelo, es la aplicación de grandes cantidades de materia orgánica, lo cual puede ser a través de la aplicación de abonos orgánicos tales como estiércol, compostas y vermicompostas (Larco, 2004).

La elaboración de abonos orgánicos requiere como materia prima, desechos orgánicos, los cuales pueden ser domésticos, agrícolas o industriales, tales como: residuos de cocina, estiércoles de diferentes animales, pulpa de café, cascarillas de arroz, trigo, cebada, bagazo de caña etc. Esta materia prima, al ser de diferente origen es considerada en su conjunto como subproductos orgánicos, los cuales si no son tratados, dispuestos o transformados, pueden generar problemas de contaminación en el ambiente y ocasionar daños a la salud humana (Cuevas, 2005).

La vermicultura que consiste en la transformación de los subproductos orgánicos como estiércol y residuos de verdura y frutas por ciertas especies de lombrices, entre las cuales, la más importante es la lombriz roja californiana

(*Eisenia foetida* Sav.), la cual al ingerir los desechos orgánicos, los transforma, para finalmente excretar un abono (vermicomposta) con características físicas, químicas y biológicas óptimas para restaurar, mantener o aumentar la fertilidad de los suelos.

Dependiendo de la dieta con la que se alimente a la lombriz, la vermicomposta puede presentar diferencias en su composición nutrimental (Theunissen *et al.*, 2010), de aquí la importancia de valorar las diferentes vermicomposta en el crecimiento y rendimiento de cultivos hortícolas.

Un cultivo de gran interés para la dieta del mexicano, es el jitomate, que por su volumen de producción y valor nutrimental, es la principal hortaliza de exportación y sostén básico de la estructura productiva y comercial de subsector hortícola en México (Rodríguez *et al.*, 2008).

En la actualidad muchos productores, que habían utilizado fertilizantes sintéticos para promover el desarrollo de sus cultivos, están aplicando una fertilización orgánica, para producir alimentos de calidad y disminuir la degradación del recurso suelo, en donde en lugar de aplicar un fertilizante químico altamente tóxico, emplean a la vermicomposta como un abono orgánico alternativo, para nutrir los cultivos recuperar el suelo y no impactar al medio ambiente (Cun *et al.*, 2008).

La necesidad de generar abonos orgánicos es prioritaria por lo que el objetivo de este trabajo fue la elaboración de tres dietas para optimizar la reproducción de la lombriz roja californiana y al mismo tiempo evaluar las vermicomposta resultantes en el cultivo del jitomate guaje.

III. Antecedentes

La agricultura orgánica es un sistema alternativo para la producción sostenida de alimentos sanos, puesto que no utiliza insumos químicos o sintéticos en los agroecosistemas (Larco, 2004; Rodríguez *et al.*, 2007).

Este tipo de agricultura propone: (a) remplazar los insumos externos, tales como sustancias químicas sintéticas y combustibles, con productos o desechos

del mismo ecosistema, (b) la utilización del control biológico de plagas y (c) la utilización del nitrógeno fijado biológicamente y otros nutrientes que son liberados a partir de la elaboración de abonos orgánicos. En este grupo de abonos orgánicos, se mencionan: bokashi, composta y vermicomposta (Larco, 2004).

Su obtención es relativamente fácil con el empleo de materiales de desecho como: gallinaza, cascarilla de arroz, melaza de caña, cebada, trigo, pulpa de café, estiércol de animales y residuos orgánicos de cosechas o provenientes de procesos industriales (Larco, 2004; Cuevas, 2005), estos desperdicios orgánicos, si son manejados adecuadamente pueden tener un valor nutrimental del mismo orden que los fertilizantes químicos (Ortiz, 2004, Trinidad, 2010, Rodríguez *et al.*, 2007).

Por otro lado, el uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia en los últimos años a nivel mundial por diversas razones, desde el punto de vista ecológico, se ha incrementado la preocupación por fomentar las prácticas agrícolas que armonicen con el cuidado del medio ambiente. El uso de los abonos orgánicos mejora las condiciones de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y sobre explotación. Las consecuencias directas de estos dos últimos eventos son la pérdida de materia orgánica, pérdida de fertilidad y la contaminación de los suelos, cuya producción agrícola puede también estar contaminada (Altieri, 2004).

Desde el punto de vista económico, su uso se ha fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta a la mejora de prácticas agrícolas y al mantenimiento de la fertilidad del suelo (Nieto-Garibay *et al.*, 2002; Cruz *et al.*, 2009), así como por constituir una alternativa para el manejo de los residuos (Martínez *et al.*, 2008).

Dentro de los abonos orgánicos sobresalen la composta y la vermicomposta, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Cruz *et al.*, 2009).

3.1 Tipos de abonos orgánicos.

3.1.2 Composta

La composta es el producto final que se obtiene del proceso biológico de oxidación de residuos orgánicos provocado y controlado por los microorganismos del ambiente. Los principales factores que influyen en el compostaje son: temperatura, relación C/N, humedad, porosidad, tamaño de partícula, naturaleza química del material, microorganismos y tiempo (Martínez *et al.*, 2008).

Se ha demostrado que el uso de compostas, mejora las características de los suelos, tales como la fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo, y potasio, mantiene los valores de pH óptimo para el crecimiento de las plantas, evita cambios extremos de temperatura y fomenta la actividad microbiana (Cruz *et al.*, 2009), así como también en el incremento, rendimiento y calidad de algunas hortalizas como: jitomate, brócoli y chile (Nieto-Garibay *et al.*, 2002) y como sustratos de bajo costo por su potencialidad de suprimir varias enfermedades en el suelo (Rodríguez *et al.*, 2008).

Nieto-Garibay *et al.* (2002), mencionan que desde el punto de vista económico la composta es atractiva, ya que el costo a granel de esta, representa aproximadamente el 10% menos que el que se genera por el uso de fertilizantes químicos.

3.1.3 Vermicomposta

Es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar por el tracto digestivo de las lombrices (Cruz *et al.*, 2009) y al material resultante de la descomposición se le denomina: humus, lombrihumus, vermicomposta, biocomposta (Pineda, 2006), que se utiliza fundamentalmente como mejorador, recuperador o enmienda orgánica de suelos,

abono orgánico, inoculante microbiano, enraizador, germinador, y sustrato de crecimiento, entre otros usos (Trinidad, 2010)

Durante el proceso de alimentación, las lombrices consumen los residuos orgánicos (estiércol, residuos de cultivos, desechos industriales, aguas negras, desperdicios orgánicos etc.), aceleran la descomposición de la materia orgánica, modifican las propiedades físicas y químicas de los residuos consumidos, produciendo el compostaje, a través del cual la materia orgánica inestable es oxidada y estabilizada (Moreno *et al.*, 2005).

La acción de las lombrices en el proceso de compostaje es de tipo físico/mecánico y bioquímico, los procesos físicos o mecánicos incluyen: aireación, mezclado, y la molienda del sustrato y el proceso bioquímico es realizado por la descomposición microbiana del sustrato en el intestino de las lombrices (Moreno *et al.*, 2005).

La vermicomposta, está compuesta principalmente por C, H y O, y contiene nutrientes como NO_3 , PO_4 , Ca, K, Mg, S y micronutrientes que cubren los requerimientos para el crecimiento y rendimiento de varios cultivos, y su efecto es similar al de los fertilizantes inorgánicos aplicados al suelo en la agricultura convencional. Por otro lado, la vermicomposta también contiene un alta proporción de sustancias húmicas (es decir, ácidos húmicos y fúlvicos) que proporcionan numerosos sitios de reacción química y, sus excreciones activan el metabolismo de componentes microbianos que mejoran el crecimiento de las plantas y la supresión de enfermedades tales como: bacterias del género *Bacillus*, levaduras (*Sporobolomyces* y *Cryptococcus*) y hongos (*Trichoderma*). En los suelos donde se ha aplicado este abono, se presenta una mayor capacidad para retener humedad, mejora la estructura del suelo, promueve mayor capacidad de intercambio catiónico y mayor tasa de crecimiento de las plantas, así como aumento de la población microbiana y una menor actividad de patógenos (Rodríguez *et al.*, 2008; Theunissen *et al.*, 2010).

3.2 Vermicultura

La vermicultura, o crianza de lombriz para la obtención de abono orgánico y degradación de materia orgánica, se remonta a la década de los 50's, en EE.UU, donde se asientan las bases para el cultivo intensivo de lombrices rojas de California, por Hugh Carter y, al mismo tiempo se realizan las primeras investigaciones sobre vermicultura y sus efectos benéficos sobre la agricultura (Ferruzzi, 2001, Schuldt, 2006).

En los años 70's es adoptada en Europa, donde en Italia adquiere gran importancia y posteriormente se difunde al resto de los países europeos (Schuldt, 2006). Hoy en día es una práctica bastante difundida en todo el mundo.

Aunque la crianza intensiva de lombrices de tierra o vermicultura parece una actividad nueva, Pineda (2006), menciona que esta es realmente muy antigua, su historia se remonta a la antigua Grecia, donde Aristóteles las llamo "intestinos del suelo" porque contribuían a la fertilidad del mismo.

En Egipto, se les consideraba como animales valiosos por contribuir a la fertilidad del suelo del río Nilo, al grado de castigar con la pena de muerte a la persona que exportara lombrices a otras tierras. Los primeros estudios acerca de las lombrices fueron hechas a fines del siglo XIX, por el biólogo Charles Darwin que se dedicó al estudio profundo de su hábitat y su ciclo de vida (Ferruzzi, 2001).

La vermicultura inicialmente, fue empleada para la generación de abonos orgánicos y su utilización en la mejora de suelos de cultivos, sin embargo, actualmente, es una biotecnología que también es aplicada como una práctica para el reciclaje de la materia orgánica, la descontaminación ambiental y la transformación ecológica de los materiales residuales (Díaz *et al.*, 2008).

Ferruzzi (2001), señala que la lombriz más versátil y rentable actualmente es la roja californiana *Eisenia foetida* Sav. Las razones son:

1. Adaptación a un amplio rango de temperaturas (15-25°C).
2. Longevidad: tiene un promedio de vida de 4.5 años (Pineda, 2006).
3. Prolificidad: una lombriz roja puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones hasta 1.500 pequeñas lombrices anualmente.
4. Capacidad de vivir en poblaciones altas (40-50 mil individuos m²).

5. Deyecciones: abono orgánico con una riqueza en flora bacteriana de prácticamente el 100% (2×10^{12} col/g) con dos billones de colonias de bacterias vivas y activas por gramo de humus producido.

Es importante mencionar, que además de *Eisenia foetida* Sav., se utilizan otras especies que también son utilizadas aunque con menos frecuencia, con fines comerciales como *Eisenia andreei*, *eudriluseugeniae* y *helodrilus calliginosus* (Durán y Henríquez, 2009).

Aguilera (2004), señala que las lombrices son animales saprófagos, es decir, se alimentan de desechos orgánicos que se encuentran o llegan al suelo (hojas secas, plantas en descomposición y cadáveres de animales). Por lo que juegan un papel importante en los procesos de mineralización de la fase orgánica y en la transformación de los minerales, creando condiciones óptimas para la nutrición y desarrollo vegetal, siendo menor el impacto ecológico en los ecosistemas debido a que oxigenan el suelo y sus excrementos se presentan como un abono fino (humus) para las plantas y semillas.

Existe una gran variedad de subproductos orgánicos que se pueden utilizar para satisfacer las necesidades de crecimiento y reproducción de *Eisenia foetida* Sav., su origen puede ser agrícola, pecuario, forestal, urbano y agroindustrial (Bolívar, 2005).

Según Ortiz (2004), menciona que en México hay tres tipos de residuos orgánicos que se pueden manejar satisfactoriamente por esta técnica y, que después de su transformación por la acción de las lombrices, pueden presentar un valor nutrimental del mismo orden de magnitud que los fertilizantes químicos utilizados en el país, estos residuos son:

- a) Estiércoles de diferentes animales
- b) Composta realizada a partir de materia orgánica (considerada como basura) y /o de subproductos orgánicos (bagazo de caña, pulpa de café, cascarilla de arroz, etc.) y,
- c) Aguas negras.

Estos materiales antes de ser ofrecidos como alimento a la lombriz, necesitan pasar por un proceso de compostaje y fermentación que dura aproximadamente

15 a 20 días, este tiempo dependerá del tamaño de la partícula, la cual puede ser de menor o mayor tamaño pero lo ideal es que sea de 1 a 5 cm, ya que esto favorece la acción de la fauna y flora microbiana que participa en la descomposición, y por lo tanto influye en la velocidad de transformación (Bolívar, 2005; Lenin, 2008).

Entre los desechos animales que han sido utilizados como principales sustratos alimenticios para *Eisenia foetida* Sav., se pueden mencionar: estiércol de ovino y bovino (Schuldt *et al.*, 2005; Gutiérrez *et al.*, 2007), estiércol de caballo, cerdo, vaca y gallinaza (Schuldt *et al.*, 2005; Morales *et al.*, 2009; Durán y Henríquez, 2009). Así como también desechos domésticos, broza de café, hojarasca y aserrín (Noperi-Mosqueda *et al.*, 2007 Durán y Henríquez, 2009), y algunas mezclas de estiércoles con material orgánico, ejemplo: estiércol de bovino+cepa de plátano+residuo verde; estiércol bovino+cepa de plátano+cepa de caña, etc. (Noperi-Mosqueda *et al.*, 2007 Díaz *et al.*, 2008).

Eisenia foetida Sav., es una especie que depende directamente de sustratos con alto contenido de materia orgánica, ya que se alimenta de 4-7 veces diarias, de ahí la necesidad de mantener altos contenidos de materia orgánica en las camas de reproducción, esta característica la ubica como una especie con gran capacidad de trabajo, pues le permite transformar los desechos en corto tiempo (Bolívar, 2005).

Además de obtener humus producido a partir de desechos orgánicos, la lombriz es utilizada como fuente de proteína en la dieta de algunos animales (peces y aves), ya que su carne contiene un 64 a 82% de proteína, de 7 a 10% de grasa, de 8 a 20% de carbohidratos y 2 a 3% de minerales, con una energía cercana a 4000 kcal.Kg⁻¹ (Durán y Henríquez, 2009).

3.3 Efectos del humus de lombriz.

El humus de lombriz actualmente es uno de los fertilizantes más utilizados en la agricultura orgánica, ya que tiene la capacidad de suministrar macro y micronutrientes en el suelo para el óptimo crecimiento de las plantas y por

contener una gran cantidad de sustancias húmicas, las cuales mejoran el crecimiento y el desarrollo de las plantas y la composición de nutrientes. Los cultivos fertilizados con vermicomposta demuestran que tiene un alto contenido de compuesto fenólicos principalmente flavonoides y antocianinas, que proporcionan color, sabor y aroma a la fruta. Los niveles altos de fenoles probablemente explican porque las plantas tienen menor ataque de plagas y una mejor resistencia a las enfermedades en comparación con las plantas que reciben fertilizantes inorgánicos (Theunissen *et al.*, 2010, Bolivar, 2005).

Theunissen *et al.*, (2010), reporta que la adición de vermicomposta en el suelo aumentó el contenido de P, Ca, Mg, Cu, Zn y Mn en los tejidos de brotes de trébol rojo y pepino, así como también produjo un aumento significativo en el rendimiento en la calidad de tomates por una buena absorción de N, P, K . Por otro lado Nagavallema *et al.*, (2004), informa que con la aplicación de 5 t/ha de vermicomposta, aumentó la producción de tomate a 5.8 t/ha en los campos agrícolas en comparación con el control (3.5 t/ha).

En cuanto a los lixiviados procedentes de la vermicomposta, los resultados de un estudio realizado por Theunissen *et al.*, (2010), reveló que el fruto de las plantas de tomate cultivadas en vermicomposta contienen más Ca y vitamina C, pero menos Fe en comparación con aquellos cultivados en hidroponía con la fertilización inorgánica.

El valor nutricional de los humus de lombriz, depende mucho de su origen. Theunissen *et al.*, (2010), informó que los abonos vermicompostados con excretas de animales tienden a tener un estado nutricional más alto, en comparación con los derivados de los residuos orgánicos municipales. Por ejemplo, humus de lombriz producido a partir de estiércol de ganado bovino y porcino así como residuos de alimentos aumentó la tasa de germinación, el crecimiento y el florecimiento de una amplia gama de ornamentales y cultivos de hortalizas en comparación con el humus de lombriz de otras fuentes.

En comparación con la composta, el humus de lombriz tiene los niveles de entre 40 y 60% más de sustancias húmicas (Cuadro 1) y son superiores en la calidad de composta convencional (Nagavallema *et al.*, 2004)

Cuadro 1. Contenido de nutrientes en el humus de lombriz, en comparación con la composta (Theunissen *et al.*, 2010).

Nutrientes	Vermicomposta	Composta
(%)		
N	1.6	0.5
PO	0.7	0.2
KO	0.8	0.5
Ca	0.5	0.9
Mg	0.2	0.2
(ppm)		
Fe	175.0	146.5
Cu	5.0	2.8
Zn	24.5	14.5
Mn	96.5	69.0
C: N	15.5	31.3

Existen estudios que demuestran que la aplicación del humus de lombriz en la germinación de plántulas de una amplia variedad de hortalizas y ornamentales ha sido más rápida y eficaz en comparación con el control. Por ejemplo en el frijol mungo (*Vigna L. irradia*.) la germinación con vermicomposta fue de (93%) en comparación con el control (84%), También se informó que la aplicación de los diferentes niveles de vermicomposta en *Chinensis crisantemodí*, mostro un aumento de peso fresco de flores, número de flores por planta (26), diámetro de la flor (6 cm) y rendimiento (0.5 tha^{-1}) con la aplicación de 10 t/ha de humus (Nagavallemma *et al.*, 2004). Finalmente, diferentes investigadores coinciden que la cantidad de nutrientes en una vermicomposta depende mucho del origen de los materiales base que componen la dieta de las lombrices.

3.4 Características generales de *Eisenia foetida*.

Las lombrices presentan cuerpo cilíndrico alargado, segmentado y con sistema bilateral, presenta un engrosamiento en el tercio anterior de 5 mm llamado clitelum, que interviene en la reproducción (Schuldt *et al.*, 2005).

Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 se les considera adultas, en condiciones de reproducirse, estas llegan a medir 6 a 8 cm de largo y 3 a 5 mm de diámetro y según las dietas puede alcanzar pesos de 0.8 a 1.4 gramos (Lenin, 2008).

La anatomía externa de las lombrices de tierra es muy homogénea, presenta el cuerpo dividido en: prostomio, metastomio y pígidio, el prostomio es el primer lóbulo del cuerpo y el pígidio, el último, donde se abre el ano (Cuevas, 2005).

Entre las estructuras más importantes de las lombrices se encuentra el clitelo también llamado clitelum, Pineda (2006) menciona que es la región engrosada de la epidermis en los segmentos 32 al 37 y se encarga de secretar la sustancia que forma los capullos, cocones o cápsulas donde se alojan los huevos. Esta es una característica morfológica principal de los anélidos que determina la madurez sexual efectiva (Schuldt *et al.*, 2005), y favorece el acoplamiento de los animales durante la copula (Cuevas, 2005).

3.5 Anatomía Interna.

3.5.1 Sistema digestivo.

El sistema digestivo está formado por la cavidad bucal, la faringe, el buche, la molleja, el esófago, las glándulas calcíferas, el intestino y el ano. Por otra parte la lombriz tiene la capacidad de neutralizar la acidez del material orgánico que consume mediante las glándulas calcíferas (Cuevas, 2005). Estas glándulas segregan iones de calcio, que contribuyen a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores de pH (Lenin, 2008).

Su tracto digestivo genera muy pocas enzimas necesarias para la conversión de proteínas y carbohidratos en energía; pero generan enzimas que le ayudan a desdoblar la celulosa (Cuevas, 2005). Se cree que las lombrices consumen lo equivalente a su peso diariamente y que un 40% de los productos ingeridos son utilizados para sus necesidades fisiológicas, el resto lo desecha en forma de excretas, es decir humus (Ferruzzi, 2001).

3.5.2 Sistema nervioso.

Las lombrices tienen un cerebro ganglionar, este es el organizador y estimulante de múltiples reacciones de tipo físico y bioquímico que provocan efectos conductuales, individuales y colectivos (reacción a la luz o reunión para el apareamiento o reproducción).

El cerebro es activado por reacciones internas (hormonas) y externas (alimentación) que determinan en general conductas o costumbres de vida. *E. foetida* Sav., es una especie con una alta tolerancia a aceptar aglomeración, densidad poblacional, aproximadamente de 40 000 individuos por m² esto está ligado por tener una elevada conducta reproductiva y ambas son consecuencias del tiempo de domesticación. Esta especie de lombriz tiene un amplio rango alimentario, desde el detritus orgánico vegetal hasta los coprolitos animales (estiércol de vacuno, cerdo, oveja, cabra, caballo etc.) (Bolívar 2005).

El tacto es el sentido más desarrollado de las lombrices, después de la sensibilidad a la luz, esto permite detectar pequeñas vibraciones en el terreno, seleccionar el alimento, huir, poseen fototropismo negativo, sensibles a las variaciones de temperatura y humedad, reacciones químicas del ambiente (pH), lo cual detectan mediante quimiorreceptores (Cuevas 2005).

3.5.3 Sistema circulatorio.

La sangre está formada por plasma y hemoglobina que al circular por los vasos sanguíneos capilares entre las células epidérmicas superficiales recibe el oxígeno y elimina el dióxido de carbono por simple difusión (Cuevas, 2005), esta circula a través de vasos, entre los segmentos 7 y 11 donde se conectan los vasos dorsal y ventral a través de los corazones llamados también arcos aórtico se envía la sangre a través de los vasos ventrales, a la parte posterior del cuerpo de la lombriz y de los vasos dorsales hacia la parte delantera. El sistema circulatorio es cerrado, formado por tubos (arterias y venas); los movimientos peristálticos de

estos mueven eficientemente la sangre, esta se dirige hacia la piel, intestino nefridios, músculos, etc. (Pineda, 2006).

3.5.4 Sistema respiratorio

La lombriz respira por la superficie del cuerpo, la cual conserva húmeda por las glándulas mucosas de la epidermis, el poro dorsal el cual exuda líquido celómico y las excreciones nefridiales (Bolívar, 2005). El contacto con el aire origina el intercambio de oxígeno por bióxido de carbono, por medio de muchos capilares que se encuentran debajo de la cutícula de la piel húmeda (Pineda, 2006).

3.6 Ciclo de vida y reproductor

Bolívar (2005), menciona que la lombriz de tierra, se clasifica como un organismo de reproducción semicontinua/continua, ya que se reproduce varias ocasiones durante su vida y libera gametos en un número pequeño a lo largo de una temporada extendida de reproducción. Una de las características de las lombrices es su gran fecundidad, lo que les permite una alta tasa de poblacional, esta cualidad reproductiva se realiza en *Eisenia foetida* Sav.

Pineda (2006) en su libro lombricultura menciona que las lombrices son hermafroditas, es decir cada individuo posee los dos sexos masculino y femenino. El sistema reproductor masculino está conformado por dos pares de testículos que son glándulas secretoras de espermias y se ubican entre los segmentos 10 y 11.

El sistema reproductor femenino está formado por dos pares de ovarios, ubicados entre los segmentos 13 y 14 su finalidad es la producción de óvulos.

La lombriz durante su copula, se sitúa en sentido opuesto, quedando unida por sus secreciones mucosas del clitelo ubicado en el segmento 32 al 37 y es aquí donde se secretan sustancias que forman los capullo donde se alojaran los huevos; y posteriormente se formaran dentro de ellos, diminutas lombrices. La copula ocurre cada 7 a 10 días (Lenin, 2008).

La reproducción de la lombriz es todo el año, (Pineda, 2006). En condiciones favorables cada lombriz puede producir dos cápsulas (huevo en forma de pera de color amarillento) de unos 2 mm por semana, de la cual emergen de 2 a 21 lombrices después de 14-21 días de incubación (Lenin, 2008).

Las lombrices desde su nacimiento son autosuficientes; comen solas y solo necesitan para sobrevivir que el sustrato donde se encuentre sea lo suficiente húmedo y tierno para poder ser perforado por su minúscula boca (Ferruzzi, 2001). Los cuales después de tres meses serán lombrices sexualmente maduras, una lombriz puede reproducir en un año 1500 crías (Ferruzzi, 2001). Tiene un promedio de vida de 4.5 años (Pineda, 2006).

La actividad sexual, esta disminuida en los meses con demasiado de frío (0° C), así como también en los meses muy calurosos (más 42° C) (Ferruzzi, 2001).

3.7 Condiciones para el desarrollo de *Eisenia foetida* Sav.

Esta lombriz en especial requiere de ciertas condiciones de vida para desarrollarse, entre las más importantes se encuentran: Alimento, temperatura, humedad, pH, aireación (Lennin, 2008).

3.7.1 Temperatura

Las lombriz *Eisenia foetida* Sav., para el desarrollo óptimo se encuentra alrededor de los 20° C, vive sin problemas en ambientes con temperaturas que van de 10-30° C (Lennin, 2008). Pero la temperatura es un factor que se relaciona directamente sobre la fecundidad de las capsulas, donde se encontró que en temperaturas controladas de 15° C, 20° C y 25° C, eclosionan 2.6, 3.1 y 2.7 lombrices por capsulas, por lo que la temperatura óptima es de 20° C (Pineda, 2006). Sin embargo Lara y Quintero, (2006) mencionan que la mayor productividad de la lombriz ocurre entre 20°C y 25° C y que llegan a tolerar temperaturas de 8° C y 36° C

3.7.2 Humedad.

La humedad es un factor muy importante ya que influye en la reproducción y fecundidad de las capsulas o cocones, una humedad superior al 85% es muy dañina para las lombrices, haciendo que estas entren en un periodo de dormición en donde se afecta la producción de lombrihumus y la reproducción de biomasa (Bolívar, 2005). La humedad debe mantenerse, en forma continua en todo el sustrato en un rango de 75-85%, para lo cual es necesario realizar los riegos finos y ligeros, evitando la aplicación de agua en chorro (Lara y Quintero, 2006).

Manteniendo una humedad de 80% se puede controlar las plagas, principalmente las hormigas que son atraídas por azúcares que produce la lombriz al deslizarse por las galerías del sustrato (Pineda, 2006).

3.7.3 pH

La alcalinidad o la acidez, es un factor determinante en el sustrato para que interactúen factores en su descomposición y específicamente para la reproducción de la lombriz roja californiana, este depende de la humedad y temperatura, la lombriz acepta de 5, ligeramente ácido a 8.4 ligeramente alcalino, siendo el óptimo 7 (neutro). Si el pH es ácido la lombriz entra en etapa de dormición y se desarrolla una plaga llamada planaria (Lennin, 2008; Pineda, 2006).

Según Pineda (2006), el objetivo es que el alimento se estabilice en un pH de 7.5 a 8.0, humedad 80% y la temperatura de 20°C a 25°C.

3.7.4 Aireación

La aireación es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices. Si esta no es adecuada, el consumo de alimento se reduce; además del

apareamiento y reproducción debido a la compactación del sustrato. Bolívar, (2005) menciona que el límite de CO₂, en los suelos son normalmente entre 0.01% y 11.5%, y las lombrices pueden sobrevivir a concentraciones mucho más grandes que las anteriores, casi hasta el 50%.

3.8 Importancia del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)

México se encuentra entre los principales productores y exportadores de hortalizas en el mundo, se ubica en el cuarto lugar a nivel mundial y el primero en el continente, en el país se produce alrededor de 70 variedades de hortalizas, entre las cuales el tomate es la segunda hortaliza más importante producida en el país.

En el territorio mexicano se cultivan aproximadamente 85,000 ha de jitomate en sus diferentes tipos, con una cantidad de 2.26 millones de toneladas, siendo el principal productor el estado de Sinaloa cuya producción representa el 35% de la producción nacional, seguido de Baja California, Michoacán, San Luis Potosí, y Jalisco con el 9, 8, 6 y 5% respectivamente. Las variedades de jitomate de mayor distribución son el saladette y bola con el 56 y 14 % (SFA, 2010).

En la actualidad el tomate se ha convertido en una de las hortalizas más populares y cultivadas en todo el mundo, siendo la base de una importante industria agraria. Sus frutos, además de consumirse frescos, se procesan para la obtención de salsas, sopas, purés, zumos concentrados, conservas, etc.

La importancia agrícola del cultivo es la gran adaptabilidad que posee para obtener elevadas producciones, ya que permite que se exploten tanto en climas tropicales como en templados de diversas regiones del país.

3.8.1 Condiciones edofoclimáticas.

La planta de tomate se desarrolla bien en un amplio rango de latitudes, tipos de suelo, temperaturas y métodos de cultivos, aunque prefiere suelos sueltos y ricos en materia orgánica. En cuanto a pH, pueden ser de 6.0 – 7.2.

Temperatura. La óptima de desarrollo se sitúa en 23° C durante el día y entre 13-17° C durante la noche, el tomate no resiste heladas en ninguna etapa de su desarrollo.

Humedad. La humedad relativa oscila entre un 60% y 80%.

La iluminosidad. Niveles de radiación diaria alrededor de 0.85 MegaJoules por metro cuadrado, son los mínimos para la floración y cuajado (SFA, 2010).

IV.Planteamiento de problema.

La agricultura industrializada se caracteriza por la aplicación de un gran número de insumos químicos (pesticidas, fertilizantes, herbicidas), y el empleo intensivo de maquinaria. Este tipo de agricultura, aunque ha conseguido un aumento en el rendimiento de la producción de alimentos, hoy en día ya es insostenible y las consecuencias que ha generado desde el punto de vista social, económico y ambiental son muy importantes.

Las prácticas de fertilización química sobre el suelo, han tenido un impacto ambiental grave, como:

- Disminución de la productividad del suelo: por erosión, compactación, pérdida de materia orgánica, retención hídrica, actividad biológica y salinización.
- Acumulación de contaminantes: sedimentos, fertilizantes, pesticidas, etc.
- Aparición de resistencias a los pesticidas en las plagas.
- Pérdida de la diversidad genética.
- Riesgos potenciales a la salud relacionados con la aparición de residuos, en ocasiones tóxicos en los alimentos.

Altieri y Nicholls (2004), mencionan que los fertilizantes químicos característicos de la agricultura convencional causan desbalances nutricionales, por la aplicación excesiva de compuestos nitrogenados, lo cual se relaciona con: a) cambios en la tasa de crecimiento de las plantas, b) madurez acelerada o retardada, c) diferencia de tamaño en algunas partes de la planta y dureza o debilidad de la cutícula que

pueden influir indirectamente en el éxito de los insectos plaga para utilizar las plantas hospedadoras. Así mismo, estos fertilizantes contaminan el suelo y los mantos freáticos. Hellin, (2004) menciona que si no se toman acciones para la conservación y manejo de suelo, la productividad agrícola estará amenazada.

Por ello es necesario buscar alternativas para la fertilización de los cultivos agrícolas sin dañar al medio ambiente y una de ellas es la elaboración de vermicompostas a partir de subproductos naturales locales.

V. Justificación.

La creciente demanda de alimentos ha establecido como alternativa un manejo sostenible de los sistemas de producción, promoviendo prácticas que hagan un mejor uso de los recursos naturales y permitan el empleo eficiente y adecuado de los diferentes tipos de subproductos orgánicos. Una alternativa es el manejo de la lombriz (*Eisenia foetida Sav.*) roja californiana, que actualmente tiene una importancia biológica, esto por su gran capacidad de devorar y transformar todo tipo de residuo orgánico en un biofertilizante con alto contenido de nutrientes, benéficos para las plantas, el cual tiene efectos similares a los fertilizantes químicos.

Se ha demostrado que con distintos trabajos, que la reproducción de la lombriz depende directamente del origen del sustrato y el ambiente en el cual se desarrollan, las dietas más utilizadas han sido los estiércoles; sin embargo, los sustratos orgánicos que se emplean actualmente para la alimentación de la lombriz varían en su composición física, química y biológica, de acuerdo al proceso de elaboración, duración del proceso, actividad biológica y tipos de materiales que se utilicen. Por ello es necesario plantear la calidad de los sustratos, más convenientes para la reproducción óptima de la lombriz roja californiana, utilizando los recursos locales, para la producción de un biofertilizante de alta calidad y de bajo costo, para poderse utilizar en hortalizas de importancia económica y así reducir los costos de producción y mejoramiento de la inocuidad de los productos.

VI.Hipótesis:

La composición nutricional de la dieta determinará el tamaño poblacional de la lombriz así como la tasa reproductiva.

La vermicomposta con la composición nutricional más cercana al requerimiento del jitomate, presentará los mejores rendimientos y tamaños del fruto.

VII.Objetivo:

Efecto del sustrato orgánico en la producción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida Sav*) y en la calidad de su vermicomposta

VIII.Objetivos particulares:

- 1.- Evaluar la composición física y química de cada una de las dietas antes y después de ser procesada por la lombriz.
- 2.- Evaluar el desarrollo (juveniles, sub- adultas y adultas) y reproducción de la lombriz roja en tres dietas: Estiércol de caballo, composta de residuo vegetal y desecho de café.
- 3- Evaluar la composición física y química del lixiviado generado en cada dieta
- 4- Evaluar las vermicompostas en el cultivo del jitomate.

IX.Método:

El trabajo se realizó en dos etapas:

Etapas I.- Desarrollo y multiplicación de la lombriz (*Eisenia foetida Sav.*)

Etapas II.- Evaluación de la vermicomposta en el cultivo del jitomate.

9.1. Localización geográfica de los experimentos

El experimento se realizó en el Vivero Chimalxochipan de la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, Campo II de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, en la Ciudad de México. Presentando un clima templado subhúmedo con temperaturas entre 10° y 18° C en los meses de invierno y de 18° a 22°C en los meses de primavera-verano, con precipitaciones de 600 a 1,000 mm en promedio durante el año.

9.2 Material biológico

Se utilizaron lombrices de la especie *Eisenia foetida Sav.*, adultas (cliteladas) procedentes de un lombricultivo criado en el Vivero.

Las semillas de jitomate se obtuvieron de frutos procedentes de cultivos orgánicos.

9.3 Preparación de las dietas.

9.3.1 Dieta 1. Estiércol de caballo.

Se obtuvo del lienzo charro ubicado en Av. Guelatao, Delegación Iztapalapa. El estiércol fue composteado previamente, para eliminar organismos patógenos (Lenin, 2008).

9.3.2 Dieta 2. Residuos Vegetal

Estos se obtuvieron de la central de abastos que posteriormente se cortaron en pequeños trozos (1.0 cm-2.5 cm), se compostearon por 30 días para después ofrecerlas a las lombrices (Lenin, 2008).

9.3.3 Dieta 3.Desecho de café

Este desecho se recolectó de la cafetería de campo I, en las instalaciones de Fes Zaragoza y de cafeteras localizadas en los distintos laboratorios de la Unidad Multidisciplinaria de Investigación Experimental Zaragoza. Este subproducto se composteo durante 30 días, mezclándolo con aserrín (1:1), para evitar la compactación del sustrato, elevación de temperatura y la liberación de nitrógeno en forma de gas (Lenin, 2008).

Cada una de las dietas obtuvo un pH de 8 y temperatura de 25-29°C para posteriormente ofrecerla como alimento a la lombriz (Pineda, 2006).

9.4 Evaluación de lombrices.

Se colocaron las diferentes dietas, en bandejas de plástico, de 22 x18 x9 cm, enrasando el alimento con el borde del recipiente. El alimento que se incorporó a las bandejas presentó un porcentaje de humedad (75-80%), para esto los sustratos regaron con agua de la llave, con una anticipación de 24 horas, para posteriormente sembrar 10 lombrices en cada una de las bandejas, con un tamaño de 3-5 cm de largo y un peso aproximado de 1 gramo con la presencia de un clitelo bien desarrollado. Al momento de la siembra se evaluó el grado de aceptación a través de las lombrices enterradas y se colocaron cuatro réplicas por dieta

9.4.1 Variables a evaluadas.

Semanalmente:

1-Temperatura

2-Humedad

3- Conductividad eléctrica y pH

Quincenalmente:

1-Número de lombrices adultas (cliteladas y de color rojo intenso, con una longitud mayor a 1.5 cm (Schuldt *et al.*, 2005).

2-Número de lombrices juveniles (No cliteladas y transparentes de color rojo insuficiente (Schuldt *et al.*, 2005).

Finalmente se cuantificarán todas las lombrices después de tres meses, tiempo necesario para que las lombrices alcancen la madurez y se calculó la tasa de crecimiento relativo de la población

$$TRC = (\ln P_2 - \ln P_1) / (t_2 - t_1)$$

Donde P_2 : Población final, P_1 : Población inicial, t_2 Tiempo final, t_1 : tiempo inicial (Unidad tiempo⁻¹) (Hunt, 2002).

9.5 Vermicomposteros.

Se pesaron 20 Kg de cada dieta y se colocaron en tinas de plástico con dimensiones de 21x53x89 cm, las cuales previamente se le realizaron perforaciones con la ayuda de un taladro, esto para evitar la compactación del sustrato por falta de oxígeno. Posteriormente se humedecieron (75-80%) los sustratos y se colocaron en un lugar con sombra, se realizó la siembra de 300 lombrices en cada una de las dietas y se dejaron por un tiempo de tres meses. Se colocaron dos réplicas por dieta, con el fin de obtener vermicomposta necesaria para el cultivo de jitomate.

9.5.1 Variables evaluadas.

Quincenalmente:

1-Temperatura

2-Humedad

3- Conductividad eléctrica y pH

Después de los tres meses transcurridos se evaluó:

Eficiencia de transformación. Se calculó en relación V/V, es decir, se midió la altura inicial de la mezcla y la altura de la misma al final del proceso (vermicomposta) aplicando la siguiente fórmula.

$$\text{Eficiencia de transformación} = \frac{\text{Altura inicial} - \text{Altura final}}{\text{Altura inicial}} \times 100 \text{ (Cuevas, 2005).}$$

Al producto final (vermicomposta) se le realizó la determinación de nitrógeno total por el método micro-Kjedal; fósforo y potasio por el procedimiento analítico (NOM-021-RENAT-2000), así mismo, se determinó la concentración de coliformes fecales (Técnica del número más probable) (NOM-113-SSA1-1994).

Posteriormente cada dieta, se tamizó y se colocó en una mezcla de 1:1 (tierra negra, vermicomposta) en bolsas de plástico negro calibre 600 de 35 cm de diámetro para el cultivo del jitomate.

9.6 Siembra del Jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Las semillas de jitomate se sembraron en un almácigo (caja de plástico con tapa de 20X12X5 cm), con un sustrato de composta-suelo en proporción 1:1. La siembra se realizó al voleo, colocando 30 semillas y cubriéndolas finalmente con una capa fina de turba. Las plántulas se transplantarán a bolsas de vivero cuando, estas presentarán 3-4 hojas verdaderas

9.6.1 Variables de respuesta en el cultivo del jitomate

Se evaluarán en 10 plantas y cada 15 días:

-Altura de la planta

- Diámetro del tallo
- Rendimiento (Kg/m²)
- Peso de frutos por cosecha
- Número de frutos por cosecha

9.7 Análisis estadístico

9.7.1 Diseño experimental de crecimiento poblacional de lombrices.

Se manejaron tres tratamientos: Estiércol de caballo, residuo vegetal, residuo de café. Cada uno con cinco repeticiones dando un total de 15 unidades experimentales. La densidad total de lombrices en sus distintos ciclos de vida, por tratamiento, se compararon utilizando Statgraphics versión 15.2.14 Se determinó si los datos se ajustaban a una distribución normal mediante una prueba de Sharipo-Wilk y una prueba de homosedasticidad (igualdad de varianzas), mediante una prueba de Levene. Cumpliendo los supuestos se aplicó una análisis de varianza para la comparación de las medias entre tratamientos, cuando el ANOVA indicó diferencias significativas ($p < 0.05$) se realizó un prueba de diferencia mínima significativa de Tukey con 95% confianza.

Con Stata versión 9 se realizaron regresiones lineales y no lineales, para encontrar el mejor modelo de crecimiento poblacional y que estadísticamente fuera significativo.

9.7.2 Diseño experimental de variables de respuesta de jitomate.

Se manejaron cuatro tratamientos: testigo, estiércol de caballo, residuo vegetal, y residuo de café. Cada uno con cinco repeticiones dando un total de 20 unidades experimentales, con un arreglo completamente al azar. Con Statgraphics versión 15.2.14 se compararon las medias entre tratamientos para cada variable de respuesta (diámetro, altura, número de frutos, peso, rendimiento).Para cada

variable se evaluarón los supuestos de normalidad y homoscedasticidad. Cumpliendo los supuestos se aplicó una análisis de varianza para la comparación de las medias entre tratamientos, cuando el ANOVA indicó diferencias significativas ($p < 0.05$) se aplicó un prueba de Tukey con 95% confianza.

X.Resultado y Discusión

10.1. Composición física y química de cada una de las dietas para la alimentación de la lombriz.

Los resultados de las características de los diferentes sustratos que se utilizarón para alimentar a la lombriz *Eisenia foetida*, se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características químicas de los materiales utilizados para el vermicompostaje.

Dietas	M.O%	N%	P%	K%	C/N %	pH	CE ds m ⁻¹
Estiércol de caballo	65	1.7	0.5	0.9	21.7	8.5	0.001
Residuo vegetal	9.4	0.6	0.1	0.6	8.8	7.6	0.62
Residuo de café	82	1.8	0.1	0.5	26.9	5.7	0.78

10.1.2 pH.

El pH de las dietas para la alimentación de la lombriz, fue heterogéneo, resultando ácida la dieta a base de café, ligeramente alcalina la de residuos de cocina y alcalina la de estiércol de caballo (Cuadro 2). Schuldt y Testa (2010), mencionan que el rango de tolerancia para el pH en los materiales orgánicos para alimentar a la lombriz roja californiana, puede ser desde 5 (ligeramente ácido) a 9 (ligeramente alcalino) y no necesariamente tiene que ser pH neutro, para favorecer tanto el

crecimiento como la reproducción. De acuerdo a esto, las tres dietas evaluadas podrían ser aceptables para la crianza de la lombriz.

10.1.3 Materia orgánica.

La cantidad de M.O en cada uno de los sustratos evaluados, presentaron porcentajes diferentes, resultando la dieta de café con mayor cantidad de materia orgánica (82.4%), seguido por el sustrato de estiércol de caballo (65.4 %) y finalmente por el sustrato de residuo vegetal (9.4 %). Schuldt *et al.*, (2005), mencionan que las dietas ricas en materia orgánica mayor al (20%) favorecen el desarrollo y establecimiento de una población de lombrices en sus diferentes etapas de su ciclo de vida (cocones, juveniles, Subadultas y adultas). Sin embargo las investigaciones realizadas no presentan una cantidad mínima o máxima de M.O debido a que está puede variar dependiendo que sustrato. Debido a esto las tres dietas pueden ser empleadas para alimentar a la lombriz roja californiana.

10.1.4 Relación C/N

En cuanto a la relación C/N, la dieta de residuo de café, fue el que mostró un porcentaje mayor, seguido por la dieta de estiércol de caballo y finalmente la dieta de residuo de vegetal. Lennin (2009), reporta que las dietas para la alimentación de la lombriz roja deben situarse en una relación C/N de 17 y 23 para una adecuada producción de vermicomposta, este factor está directamente relacionado con la disponibilidad de fuente de energía para los microorganismos y la síntesis proteica.

Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción de *Eisenia foetida* (Galván, 2009).

10.1.5 Nitrógeno, fósforo y potasio.

Comparando la concentración de NPK entre las dietas, se encontró lo siguiente: la dieta de estiércol de caballo resultó alta en potasio y fósforo, y mediana en nitrógeno. La dieta de residuo vegetal fue alta en potasio, media en fósforo y baja en nitrógeno y por último la dieta de residuo de café resultó alta en nitrógeno, mediana en fósforo y baja en potasio (Cuadro 2).

A pesar de la falta de información sobre las características nutrimentales de las dietas de inicio, es importante resaltar que las tres dietas probadas presentan un balance diferente en relación a su composición nutrimental, observándose un mejor balance en la dieta de estiércol donde dos de los macronutrientes (K y P) se encuentran en altas concentraciones, mientras el (N) se encuentra en una concentración media. Las dietas de residuo de cocina y residuo de café presentan un mayor desbalance de las concentraciones de estos nutrientes (Cuadro 2)

Lo cual más adelante se refleja en un mejor desarrollo y reproducción de la lombriz roja californiana

10.1.6 C.E.

La conductividad eléctrica, es decir el contenido de sales presentes en las tres dietas fue diferente. La dieta de residuo de café presentó la mayor concentración de sales en (0.78 ds.m^{-1}), seguida por la dieta de residuo vegetal (0.62 ds.m^{-1}) y por último la dieta de estiércol de caballo (0.001 ds.m^{-1}). Hernández-A *et al.*, (2011), reporta que la salinidad tiene efectos adversos para la reproducción de cocones y supervivencia de lombrices juveniles, por lo cual recomienda mantenerlo por debajo de 1 ds m^{-1} . Por lo tanto, las tres dietas en su etapa inicial son óptimas para el desarrollo y reproducción de la lombriz.

De acuerdo a Mondragón *et al.*, (2011), es importante caracterizar el tipo de fuente utilizada para la alimentación de la lombriz ya que este incidirá en las características finales del humus. Theunissen *et al.*, (2010), reportan que la vermicomposta de origen animal tiende a tener mayor contenido de nutrientes, comparado con aquellos de origen vegetal y por lo tanto existe mejor desarrollo de

las lombrices en sustratos con grandes cantidades de materia orgánica. Esto coincide con nuestros resultados, donde la dieta de estiércol de caballo presentó la mejor composición nutrimental.

10.2. Porcentaje de adaptación de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en las tres diferentes dietas: estiércol de caballo, residuo vegetal y residuo de café.

El cuadro 3 presenta el efecto de supervivencia de las lombrices en las diferentes dietas, la cual tuvo una duración de 48 horas y 72 horas. Las lombrices fueron inoculadas a partir del día 1 para su desarrollo y reproducción en cada una de las diferentes dietas.

En las tres dietas, en el día uno de siembra, se observó el enterramiento de todas las lombrices en el sustrato, después de 48 horas se observó un porcentaje de 100% en las dieta de estiércol de caballo y la dieta de residuo vegetal. Sin embargo no sucedió lo mismo con la dieta de café ya que se encontraron fugas en las charolas trampa (40% de los individuos originales).

Cuadro 3. Efecto de supervivencia de *Eisenia foetida* en las diferentes dietas

Dietas	Adaptabilidad (%)	
	48 hrs.	72 hrs.
Estiércol de caballo	100	100
Residuo vegetal	100	100
Residuo de café	60	100

Este comportamiento se puede explicar debido a la compactación del café y a la acidéz del medio (Cuadro 2), por ello se decidió mezclar el café con aserrín en una proporción 1:1 ajustar el pH a 7 y nuevamente se volvió a evaluar obteniendo un resultado del 100 % de supervivencia después de 72 horas sin fugas de individuos

10.3. Desarrollo (juveniles, subadultas y adultas) y reproducción de la lombriz roja en tres dietas: Estiércol de caballo, residuo vegetal y residuo de café.

10.3.1. Desarrollo de lombrices juveniles

Dieta: Estiércol de caballo

El número de lombrices juveniles presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) figura 1, respecto a las dieta de residuo vegetal y residuo de café, obteniendo una población final de 85 individuos al término del experimento. Esta dieta se caracterizó por ser un subproducto con alto contenido de materia orgánica y pH adecuado (cuadro 2), que favoreció el rápido crecimiento y desarrollo de las lombrices, así como también el estiércol es un material fibroso que facilita mantener la humedad óptima (70%) el escurrimiento adecuado de lixiviados y la no compactación de la dieta (Schuldt y Testa, 2010).

Lara y Quintero, 2006, mencionan que estos factores son muy importantes, ya que influyen en la reproducción y fecundidad de las cápsulas o cocones, principalmente la temperatura, que puede fluctuar de 17 a 25 °C, para la óptima incubación de los cocones .En este trabajo la dieta de estiércol presentó una temperatura promedio 21°C, favoreciendo la presencia de individuos juveniles.

Gutiérrez *et al.*, (2007), reportan en su investigación que las lombrices toleran un rango amplio de temperatura oscilando entre 20.6 a 24.6 el cual no afecta negativamente el comportamiento de reproducción ni eclosión de las lombrices. Sin embargo Schuld y testa, (2010), reportan que una temperatura menor de 15 ° C afecta la eclosión de las puesta de las lombrices y por ello es conveniente mantener la temperatura en un rango de 15° - 25° C Esto concuerda con nuestra investigación y por ello se favoreció el número de lombrices en el estiércol de caballo

Dieta: Residuo vegetal

En cuanto a la dieta de residuo vegetal, el número de lombrices juveniles, al final del experimento fue de 65 individuos, posiblemente como una respuesta al bajo contenido de M.O (Cuadro 2) disponible para las lombrices, lo cual afectó la producción de cocones y su desarrollo. Durán y Henríquez (2009), mencionan que la disminución de materia orgánica en las dietas, genera un factor de estrés, que provoca una elevación de la tasa metabólica de la lombriz, y se incrementa el gasto energético, lo que produce una reasignación de los recursos, que podría estar enfocada al crecimiento corporal más que a la reproducción. Otro factor observado en el transcurso del experimento fue la compactación del sustrato debido a la rápida descomposición de material orgánico debido a la relación C/N (cuadro 2), lo cual provocó inmovilidad o desplazamiento de las lombrices, para digerir adecuadamente el alimento.

Este mismo autor reporta una población baja de lombrices juveniles utilizando solo sustrato de residuo vegetal, debido a la compactación del sustrato y rápida degradación de la materia orgánica, debido la relación carbono/nitrógeno.

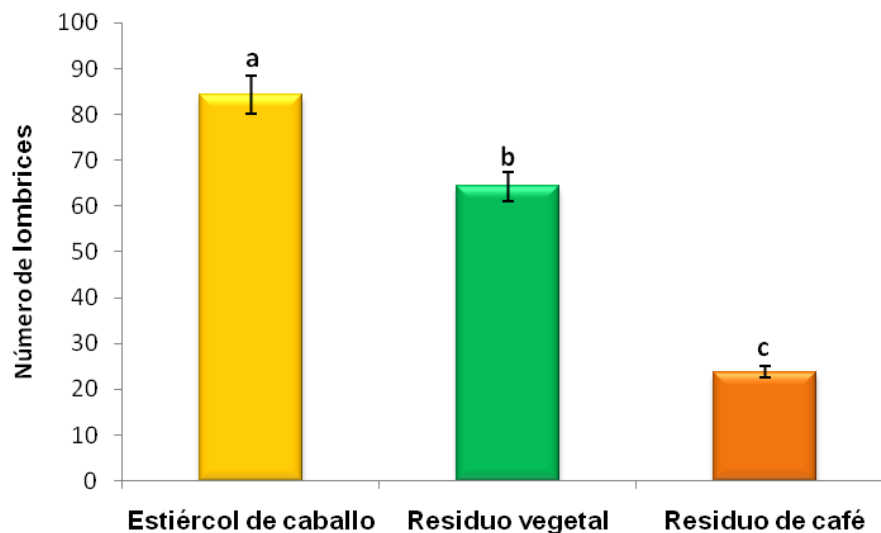


Figura 1. Población final de lombrices juveniles *E. foetida* después de 100 días de estudio.

Letras minúsculas diferentes entre grupos existe diferencia significativa ANOVA (F=65.49 y P=0.0001)

Dieta: Residuo de café

Las lombrices juveniles en la dieta de café, fue menor en comparación a las dietas de estiércol de caballo y residuo vegetal, que aunque presentó un alto contenido de M.O (Cuadro 2), las lombrices, se encontraron en menor cantidad. Pérez *et al.*, (2008) mencionan que probablemente este efecto fue debido a que la dieta no presentaba una variabilidad en el contenido de nutrientes y una población microbiológica necesaria que interviniera en la actividad de descomposición del material orgánico, así como también la falta de fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples para las lombrices. Otro factor importante es la cantidad de nitrógeno presente en la dieta ya que según Díaz *et al.*, (2008), reportan que altas concentraciones de nitrógeno en las dietas, puede resultar tóxico para el anélido, por tal motivo este tipo de sustrato necesitan ser aireados durante varios días para facilitar la volatización del amonio y favorecer la crianza de la lombriz.

La densidad de las lombrices juveniles fue mejor en la dieta de estiércol de caballo, lo cual concuerda con los reportes de (Schuldt *et al.*, 2005, Schuldt y Testa 2010), donde comprueban que el estiércol de caballo es un subproducto orgánico con un alto potencial para la reproducción de la lombriz *Eisenia foetida* y la producción de vermicomposta.

10.3.2. Desarrollo de lombrices sub-adultas.

La figura 2, muestra los resultados de lombrices subadultas, observándose que la dieta de estiércol de caballo tiene la mayor densidad de población, seguida por la dieta de residuo vegetal y finalmente la dieta de café.

Schuldt, M. (2006), menciona que las dietas que sirven de alimento para las lombrices necesitan tener una buena relación carbono/nitrógeno, ya que son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo, y en el caso de las lombrices favorecerá el desarrollo y establecimiento de una población en sus diferentes etapas de su ciclo de vida (cocones, juveniles, Subadultas y adultas).

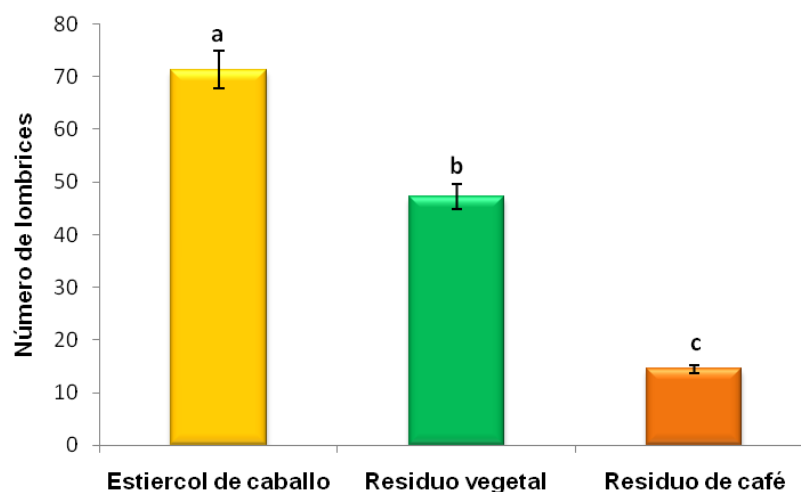


Figura 2. Población final de lombrices subadultas *E.foetida* después de 100 días.

Letras minúsculas diferentes entre grupos indican que existe diferencia significativa ANOVA ($F=74.38$ y $P=0.0001$)

Dieta. Estiércol de caballo.

De acuerdo a lo anterior la dieta de caballo presentó un relación carbono/nitrógeno de 21.7 (cuadro 2), lo cual concuerda con Salazar *et al.*, (2003), el cual reporta que se encuentra dentro los estándares adecuado para la alimentación de la lombriz *Eisenia foetida*, donde la mineralización y humificación se equilibran, así como también el fósforo y potasio que se encuentran disponibles para la nutrición de las lombrices (Díaz *et al.*, 2008). Por esta razón posiblemente el número de lombrices se encontró en mayor proporción respecto a las otras dietas.

Dieta de residuo vegetal.

La relación carbono/nitrógeno en esta dieta fue baja (8.7) Salazar *et al.*, (2003), debido a esto la descomposición de materia orgánica fue más rápida, lo cual pudo haber perjudicado el crecimiento y reproducción de las lombrices por falta de

alimento, que es un factor importante para la supervivencia de las lombrices, esto, concuerda con Durán y Henríquez (2009), quienes reportaron individuos subadultos en mayor proporción cuando las lombrices son alimentadas con dietas de origen animal, debido a una mejor composición nutrimental, comparada con una dieta de origen vegetal.

Dieta de residuo de café.

Los individuos subadultos en esta dieta fue menor respecto a la dieta de residuo vegetal, aun cuando presentaba una relación carbono/nitrógeno buena (26) (Salazar *et al.*, 2003). Pero no fue suficiente para el incremento de la población.

González *et al.*, (2011), reporta que el café genera una gran cantidad de moléculas volátiles como los furanos, cetonas y ésteres, al existir un incremento de temperatura de 25°C - 30°C, lo cual perjudica a la adaptabilidad de las lombrices al sustrato, así como también un pH mayor o menor al neutro. En este trabajo la temperatura prevaleciente permaneció en una media de 21°C lo cual no se consideró como un factor determinante para reproducción de las lombrices.

En relación al pH, González *et al.*, (2011), reporta que el mejor desarrollo de las lombrices se presenta en sustratos con pH neutros. En este trabajo la dieta de café presentó un pH ligeramente ácido (5.7), sin embargo aunque algunos autores mencionan un amplio rango de pH (5 - 8), en esta dieta en particular no es recomendable por inhibir la tasa reproductiva de las lombrices.

El desarrollo de las lombrices subadultas en la dieta estiércol y residuo vegetal, demostraron que es importantes mantener una relación carbono/nitrógeno adecuada, ya que el alimento es un factor limitante para el crecimiento y reproducción de la lombriz *Eisenia foetida*, en el caso de la dieta de residuo de café no se encontró mucha literatura en el manejo específico de esta materia prima.

10.3.3 Desarrollo de lombrices adultas.

El desarrollo de las lombrices adultas presentó diferencias significativas entre dietas ($p < 0.005$) (Figura 3). La dieta de estiércol de caballo presentó el mayor incremento de lombrices, duplicando su población después de 100 días de crianza.

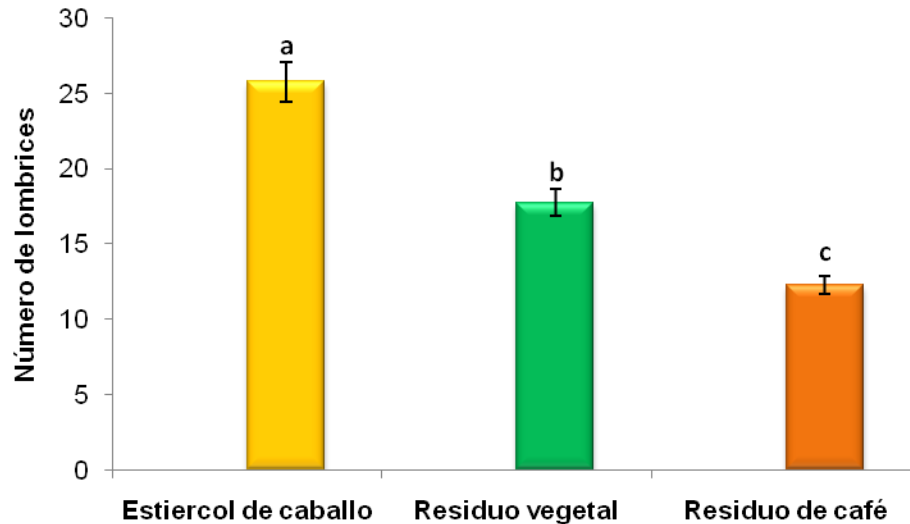


Figura 3. Número totales de Adultas *E. foetida* después de 100 días.

Letras minúsculas diferentes entre grupos indican que existe diferencia significativa ANOVA ($F=116.42$ y $P=0.0001$)

Indicando que los mejores tratamientos para el desarrollo de las lombrices adultas fueron la dieta de estiércol de caballo y la dieta de residuo vegetal, mostrando que la población más baja de lombrices adultas al final de experimento se encontró en la dieta de residuo de café con un valor promedio de 12 lombrices, lo cual indica que la población inicial (10) solamente se mantuvo y no se incrementó como en las dietas de estiércol (26) y residuo vegetal (18) (Cuadro 4).

Sin embargo el conteo de las lombrices se limitó solo aquellas que presentaban clitelo desarrollado, a las cuales se les consideran como organismos reproductivos, sin embargo Schuldt y Testa (2010), encontraron que la madurez sexual *E. foetida* es alcanzada a partir de 0.25 g, independientemente de la dieta, pero esto no garantiza la producción de cocones. Otro estudio realizado por Durán y Henríquez (2009), encontraron que el estado de madurez se basa principalmente en la dieta y el aporte de esta para el crecimiento de la lombriz, ya

que la disponibilidad de alimento y la densidad de la población determinan el tiempo para obtener mayor número de individuos maduros.

Schuldt *et al.*, (2005), reportan a lombrices maduras con características 0.25 g y talla de 2.5 a 3 cm de largo aproximadamente y no implica que todos los animales de ese rango o mayores, exhiban el clitelo, sin embargo debido a que esta investigación no contempló los factores de peso no se pudo determinar con exactitud el número de individuos a adultos y solo se contemplaron aquellas con el clitelo bien desarrollado ya que estas aseguran una efectividad en la reproducción (Hernández *et al.*, 1999).

De manera general en el cuadro 4 se presenta de manera comparativa los diferentes estadios de ciclo de vida de *Eisenia foetida* con sus poblaciones al final del experimento. Observándose que el tratamiento de estiércol de caballo fue el más efectivo para el desarrollo y crecimiento de las lombrices aumentando su población significativamente respecto a los demás tratamientos.

Cuadro 4. Distribución de la población de *E. foetida* en las dietas al final de 100 días.

Dietas	Número inicial de lombrices	Juveniles	Subadultas	Adultas	Total
Estiércol de caballo	10	85	72	26	183
Residuo vegetal	10	65	48	18	131
Residuo de café	10	24	15	12	51

10.4 Tasa de crecimiento relativo de la población

La mayor tasa de crecimiento relativo de la población se presentó en las lombrices alimentadas con estiércol de caballo, seguida por la dieta de residuo vegetal y por último la dieta de residuo de café.

10.4.1 Dieta. Estiércol de caballo.

En la figura 4 muestra la densidad poblacional de *Eisenia foetida*, en la dieta de estiércol de caballo, en el transcurso de 100 días después de la siembra, llegando a su máxima capacidad con 183 individuos, recordando que inicialmente se sembraron 10 lombrices.

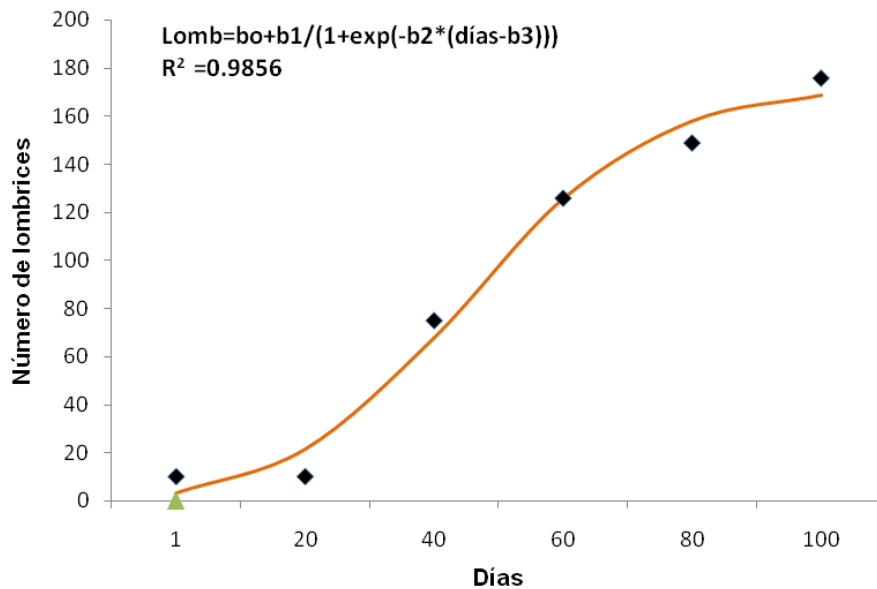


Figura 4. Densidad de lombrices *E.foetida* después de 100 días.

◆ Número de lombrices observadas — Modelo de crecimiento

Los datos se ajustaron a un modelo no lineal, obteniendo $R^2 = 0.9856$ estadísticamente significativa ($P < 0.05$), y un modelo de crecimiento, lombrices = $b_0 + b_1 / (1 + \exp(-b_2 * (\text{días} - b_3)))$ (Anexo 1). Describiendo el comportamiento de la población de acuerdo la cantidad de alimento disponible, hasta llegar a su capacidad de carga (asíntota de la gráfica, figura 4), manteniéndose a partir de este punto la población de lombrices constante, esto para un área de 450cm^2 (área de las unidades experimentales).

Este hecho se relaciona por el aporte de macro y micro nutrientes presentes en el estiércol de caballo (cuadro 2), el cual desde un inicio presentó un equilibrio de

estos elementos, principalmente en la relación carbono/nitrógeno que según Salazar *et al.*, (2003). Menciona que es el factor real de disponibilidad de alimento para este tipo de organismo, y esto concuerda con (Durán y Henríquez 2009, Schuldt y Testa 2010, Díaz *et al.*, 2008) los cuales han reportado que el estiércol de caballo es una de las dietas en donde existe un incremento mayor de individuos respecto a otras dietas que no son a base de estiércoles.

10.4.2 Dieta. Residuo vegetal

Los resultados obtenidos en el crecimiento poblacional de la dieta de residuo vegetal se presentan en la figura 5, los datos se ajustaron a un modelo lineal, obteniendo un $R^2 = 0.9434$ estadísticamente significativa ($P < 0.05$), en la cual muestra el comportamiento reproductivo de *Eisenia foetida*.

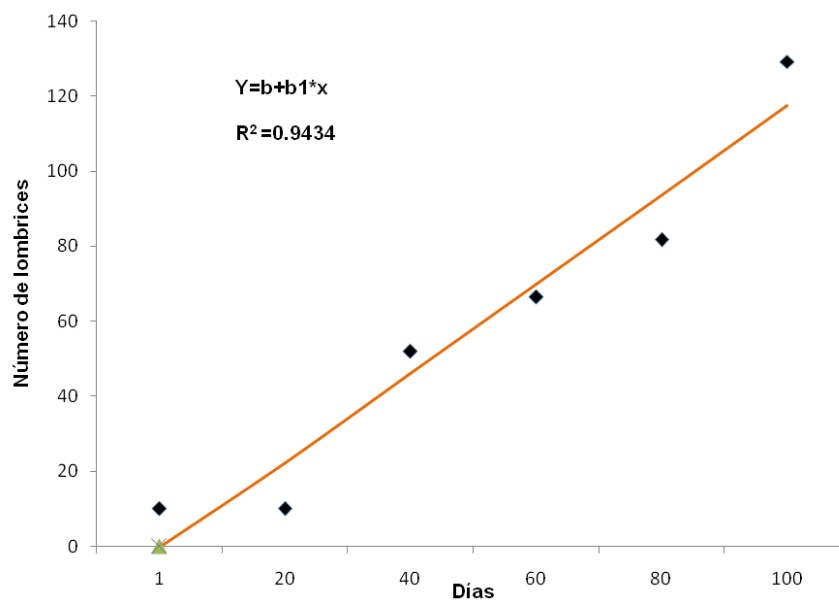


Figura 5. Densidad de lombrices *E.foetida* después de 100 días.

◆ Número de lombrices observadas — Modelo de crecimiento

La grafica muestra que la población de lombrices en esta dieta sigue aumentando, a diferencia de la dieta de estiércol de caballo que presento su capacidad de carga.

La literatura menciona que *E. foetida* necesita permanentemente gran cantidad de desperdicios orgánicos, como estiércoles, frutas en descomposición, residuos de cosechas, virutas de maderas, etc., para su óptima reproducción (Castells, 2012), así como también un equilibrio de la relación carbono /nitrógeno, sin embargo varios autores difieren en las cantidades óptimas de estos dos elementos (Schuldt y Testa 2010, Lenin, 2008, Salazar *et al.* 2003, Ferruzzi, C. 2001).

Un estudio realizado por Durán y Henríquez 2007, reportan que las lombrices *Eisenia foetida* lograron mantener una población con una relación C/N de 5.6 valor menor al que sugiere la literatura y menor al reportado en esta investigación (cuadro 4), permitiendo el crecimiento y reproducción de esta especie de una forma más lenta, ya que el recurso disponible es limitado y por tanto la densidad de población es menor

Por otro lado las lombrices no solo dependen del alimento, necesitan de otros factores de crecimiento como son las poblaciones de microorganismos que se involucran en el proceso de la descomposición de la materia orgánica, los cuales promueven condiciones de crecimiento como: temperatura, agua, nutrición balanceada, pH y fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples (Pérez *et al.*, 2008).

Las evoluciones sobre la población final de lombrices entre la dieta de estiércol de caballo y la dieta de residuo vegetal concuerdan con González y Mora. (2003), donde en su investigación reportaron, mayores promedios de lombrices en la dieta de caballo y un menor registro cuando se utiliza material vegetal (Cuadro 3).

10.4.3 Dieta. Residuo de café

La figura 6 muestra el comportamiento de las lombrices a lo largo de 100 días, observando que esta dieta llega a soportar solo 50 individuos a diferencia de la dieta de estiércol de caballo.

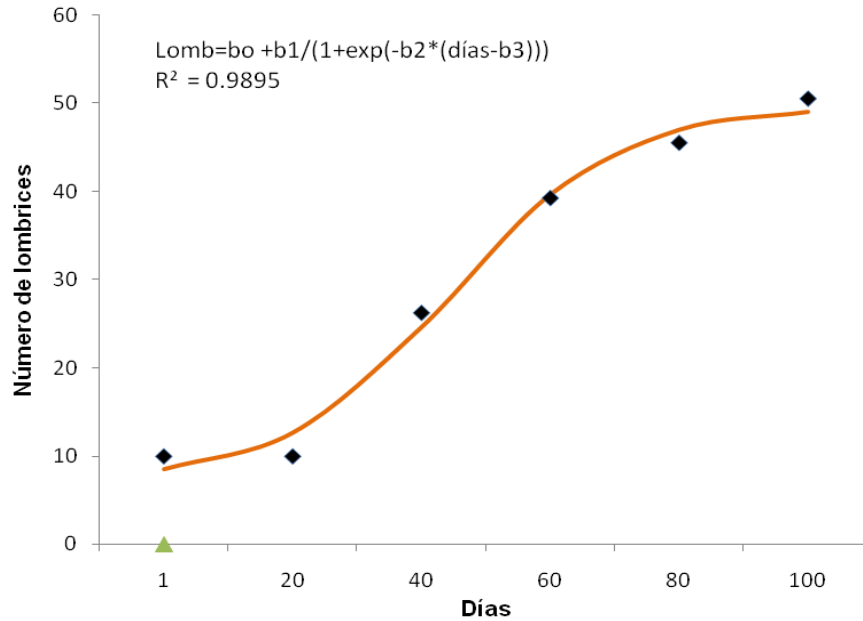


Figura 6. Densidad de lombrices *E.foetida* después de 100 días.

◆ Número de lombrices observadas — Modelo de crecimiento

Con base a su contenido nutrimental (cuadro 2) se observó esta dieta contenía un mayor desbalance en las concentraciones de nitrógeno, potasio y fósforo. A sí como también una relación carbono/nitrógeno elevada.

Lenin (2008), menciona que esta dieta debería haber presentado una relación C/N entre 17 y 23, para favorecer la tasa reproductiva de las lombrices, de aquí que haber obtenido una relación superior a estos valores pudo haber afectado directamente el potencial reproductivo de las lombrices.

Pero según Adi y Noor (2009) mencionan que el café molido proporciona un buen medio para la reproducción de la lombriz, siempre y cuando exista un estabilización de pH, a 7 y recomienda realizar mezclas con otros residuos orgánicos para tener un balance nutricional adecuado para la reproducción y desarrollo de esta lombriz.

Con base a los resultados obtenidos en los modelos de crecimiento, la dieta de estiércol de caballo presentó una mejor tasa reproductiva en la lombriz *Eisenia foetida* en relación a las dos otras dietas. En términos de producción es

conveniente utilizar la dieta de caballo ya que se puede obtener una mayor población en pocos días.

10.5 Eficiencia de transformación en peso.

La lombriz *Eisenia foetida* presenta un potencial de transformación de los residuos orgánicos (dieta) diferente en relación a su composición (Figura 7).

La lombriz presentó una mayor eficiencia de transformación (materia orgánica a humus) en la dieta de estiércol de caballo, donde después de tres meses, se obtuvo el 50% en peso de vermicomposta en relación al sustrato inicial, lo que significa que por cada parte de sustrato se transformó la mitad de este. En relación a la dieta de residuo vegetal y la dieta de café, la lombriz solo pudo transformar entre 31.96% - 34.72% (por cada parte de sustrato se transformó solamente una tercera parte del sustrato original Fig 7). Esto concuerda con Cuevas (2005), quien trabajo con sustratos mezclados como pulpa de café, estiércol cachaza de caña, hojarasca de residuos de zacate y tierra, teniendo eficiencias de 56 a 63.3 % y 66.6 %.

Esto concuerda con Hernández et al., (2003), quien reporta mayor eficiencia de transformación cuando la densidad de lombrices aumenta significativamente y para esta investigación la mayor cantidad de lombrices fue la dieta de estiércol de caballo así como también la mejor eficiencia de transformación.

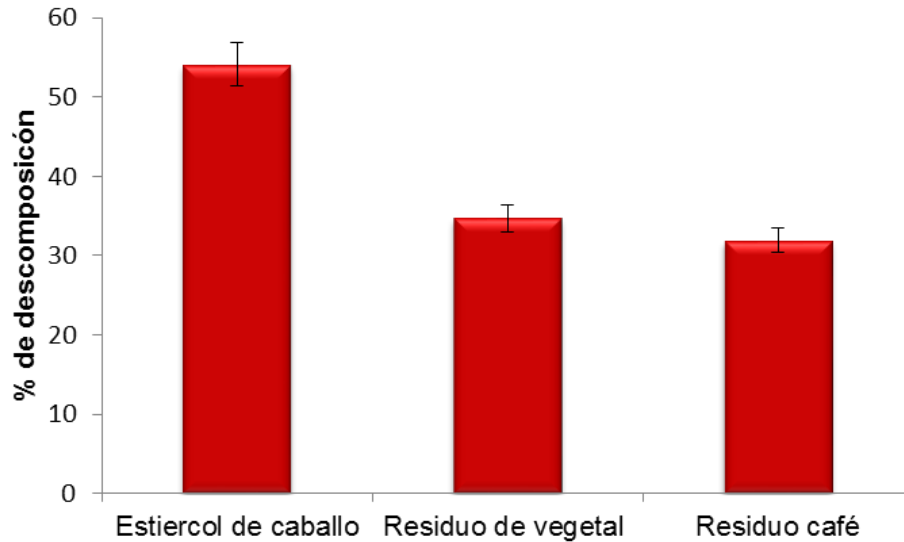


Figura 7. Potencial de *E. Foetida* en eficiencia de transformación de sustratos orgánicos a humus

10.6 Evaluación física y química de la Vermicomposta resultante de la crianza de la lombriz.

Las características finales de las vermicompostas después de haber sido digerida por la lombriz *E. foetida* en un tiempo de tres meses, presentó las siguientes características:

Nitrógeno: El nitrógeno total encontrado en las diferentes vermicomposta evaluadas, muestran diferentes concentraciones, mostrando una pérdida de nitrógeno al final del experimento (Cuadro 5). Este comportamiento se debe a la pérdida de este elemento por medio de la lixiviación, (Morales *et al.*, 2009). Los datos obtenidos se encuentran dentro de lo reportado por Rodríguez *et al.*, (2010), quienes encontraron porcentajes de 1.0-2.6 nitrógeno en diferentes vermicompostas obtenidas de diferentes subproductos orgánicos y de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000, las vermicompostas se encuentran dentro de la clasificación de suelos con cantidad de nitrógeno medio

Fósforo (P): Las concentraciones de fosforo al final de experimento en las vermicomposta de estiércol de caballo y residuo de café muestran un incremento y

esto concuerda con los reportes de Rodríguez *et al.*, (2010), quienes informaron que en el humus de lombriz derivados de estiércol y café presenta un alto contenido de fósforo debió a que las lombrices ingieren este elemento junto con la materia orgánica que se digiere en el intestino y acentúa por la actividad microbiana significativa, lo que resulta en un alto contenido de fósforo en lo que se excreta. Por otro lado Castillo *et al.*, (2010) menciona que las concentraciones de fosforo en humus de lombriz preparadas con residuos de cocina se encuentran en menor cantidad.

Potasio (K). En relación con el potasio, el tratamiento con mayor concentración fue el estiércol de caballo (3.89%), seguido por el residuo de café (0.20) y finalmente por el de residuo vegetal (0.13%). El alto contenido de potasio encontrado concuerda con Durán y Henríquez, 2007, quienes reporta que este elemento son altos debidos a las cantidades que en forma natural se absorben por las planta y se translocan en los cultivos, y que permanecen en los tejidos vegetales. Rodríguez *et al.*, (2010) proponen valores óptimos de 0.004% - 0.036 %, de los cuales los tres tratamientos se ubican por encima de este valor.

En cuanto a los coliformes totales se tomó como referencia la NOM-113-SSA1-1994, para los límites permisibles de patógenos y parásitos, la cual establece que el indicador bacteriológico de contaminación sea NMP/g < 1000. Como se observa en el cuadro 5 los tres tratamientos se encuentran por debajo del límite permisible, los cuales pueden ser utilizados sin problema alguno y esto concuerda con Corlay *et al.*, (1999).

Cuadro 5. Características finales de la vermicomposta de tres diferentes dietas

Dietas	N%	P%	K%	Coliformes Fecales NMP/g	Coliformes totales NMP/g
Estiércol de caballo	0.42	4.32	3.89	240.00	240.00
Residuo vegetal	0.35	0.005	0.13	23.00	23.00
Residuo de café	1,21	4.65	0.20	460.00	240.00

La vermicultura permite obtener por un lado un sustrato que sirve de alimentación para la lombriz roja, y al transformarlo se obtiene un abono orgánico, pero así

también, a partir de la fracción sólida un abono líquido o lixiviado el cual es considerado como un fertilizante rico en sustancias húmicas y actualmente está siendo utilizado para el control de plagas y enfermedades (Cuadro 7).

Cuadro 7. Características de nutrientes de lixiviados generados de tres diferentes sustratos.

Dietas	N%	P%	K%	Coliformes Fecales NMP/g	Coliformes totales NMP/g
Estiércol de caballo	0.02	0.30	3.89	240.00	240.0000
Residuo vegetal	0.35	0.005	0.13	23.00	43.0000
Residuo de café	1,21	4.65	0.20	460.00	24000.0000

En general los lixiviados de vermicomposta, ofrecen una oportunidad para controlar biológicamente una gran cantidad de enfermedades en las plantas. Entre los muchos factores que influyen sobre los efectos benéficos son: tipo de materia prima, estado de maduración, tiempo y temperatura generada durante la preparación de los sustratos (Theunissen *et al.*, 2010)

Theunissen *et al.*, (2010), reportan que los lixiviados tienen gran ventaja sobre el control biológico de plagas, mayor rendimiento en algunas frutales como fresa, favorece la floración de plantas de jitomate, recomendando aquellos lixiviados de procedencia vegetal. En esta investigación solo se muestran los resultados NPK de los lixiviados así como coliformes fecales y totales originados de las diferentes dietas (cuadro 5), la cuales se encuentran dentro de la NOM-113-SSA1-1994, para los límites permisibles de patógenos y parásitos.

10.7 Evaluación de vermicomposta en jitomate:

10.7.1 Altura de planta (cm)

Los mejores resultados en relación a la altura de las plantas que se fertilizaron con vermicomposta fueron las que procedieron del residuo de cocina presentando,

un incremento del 25 % en relación a la vermicomposta de caballo y un 45% en relación a la vermicomposta de café. Por lo que las concentraciones de nitrógeno presentes en estas vermicompostas (Cuadro 6) fueron suficientes para permitir el crecimiento de las plantas. Marschner, (1995), menciona que el desarrollo y crecimiento de una planta depende de la concentración de nitrógeno, pero este varía según la especie, recomendando valores óptimos de nitrógeno de 2% - 5%, lo cual ayudara al sostén de la planta y relacionándolo directamente con su crecimiento y abundantes cosechas, lo cual concuerda con terraza et al., (2012), quienes reportan mayor rendimiento y crecimiento en cultivos de jitomates en concentraciones mayores a 1%.

En la vermicomposta de café, se registró la menor altura de las plantas, esto se puede explicar en relación a la falta de carga microbiana (bacterias, hongos, actinomicetos) benéficas para la óptima descomposición de residuos los cuales no permitieron el desarrollo de los microorganismos responsables de la mineralización de los nutrimentos, propiciando la no disponibilidad de estos para un buen crecimiento de las plantas Pérez et al., (2008)

En todos los tratamientos la mayor altura se presentó a partir de los días 60 - 115 días después del trasplante, resultando más significativa en la vermicomposta de residuo vegetal, figura (8). Esto posiblemente como una respuesta a la dinámica del crecimiento, es decir que en este periodo las plantas al tener frutos en desarrollo y una mayor demanda de foto asimilados estos pudieron ser canalizados también para el crecimiento de las plantas.

Ortega-Martínez *et al.* (2010), reportan que cuando el cultivo de jitomate presenta tres racimos en fructificación creciendo rápidamente, hay gran demanda de asimilados, los cuales son suministrados por las hojas medias y por ello hay un crecimiento mayor de la planta, alcanzando una altura máxima de 2.34 m (variedades: GC41598, Pitenza y Caiman tipo saladttte). En este trabajo las plantas a la primera cosecha presentaron una altura 1.90 m, sin embargo esta fue menor a la reportada por estos autores.

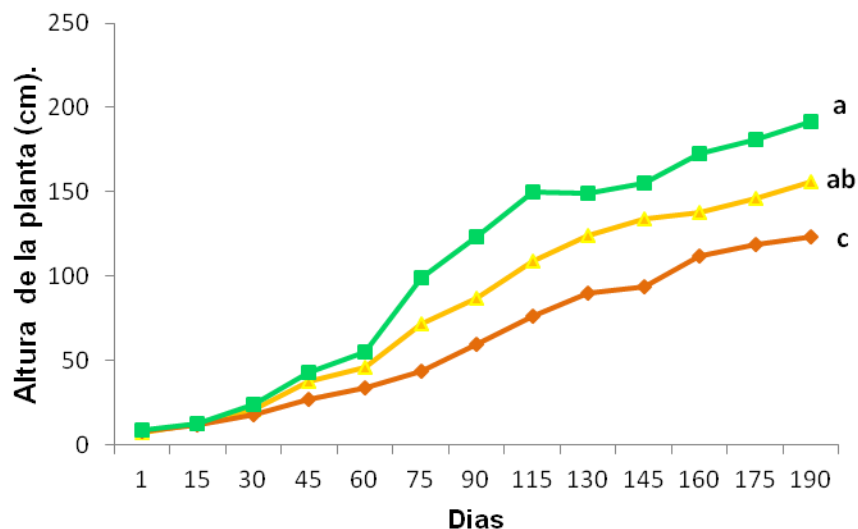


Figura 8 .Altura promedio de la planta de jitomate.

—▲— E.caballo —◆— R.café —■— R.vegetal

10.7.2 Diámetro del tallo (cm)

Los tratamientos de residuo vegetal y estiércol de caballo, no mostraron diferencia significativa ($P > 0.05$) entre ellos, presentando un diámetro de tallo de promedio de 1 cm .El tratamiento con residuo de café presento el diámetro promedio menor (0.8cm). Estos resultados están estrechamente relacionados con la composición nutrimental de la vermicomposta y con su carga microbiana, lo cual pudo haber afectado la mineralización de la materia orgánica para la disponibilidad de los nutrimentos necesarios para el engrosamiento del tallo. Ortega-Martínez *et al.*, 2010), menciona que el desarrollo del diámetro del tallo de la planta de jitomate está relacionado con factores ambientales y de manejo. Las temperaturas elevadas (30°C) propician el crecimiento de tallos delgados y con mayor proporción de tejido parenquimatoso. Este factor probablemente afecto al desarrollo del diámetro ya que a lo largo del experimento las temperaturas registradas oscilaron entre 2.7 min – 37.5 máx. °C, lo cual repercutió al grosor del diámetro obteniendo valores de 0.8 cm – 1.0 cm, los cuales son menores a los reportados por estos autores quienes mencionan que el diámetro del tallo del jitomate puede alcanzar hasta 2.5 cm (figura 9).

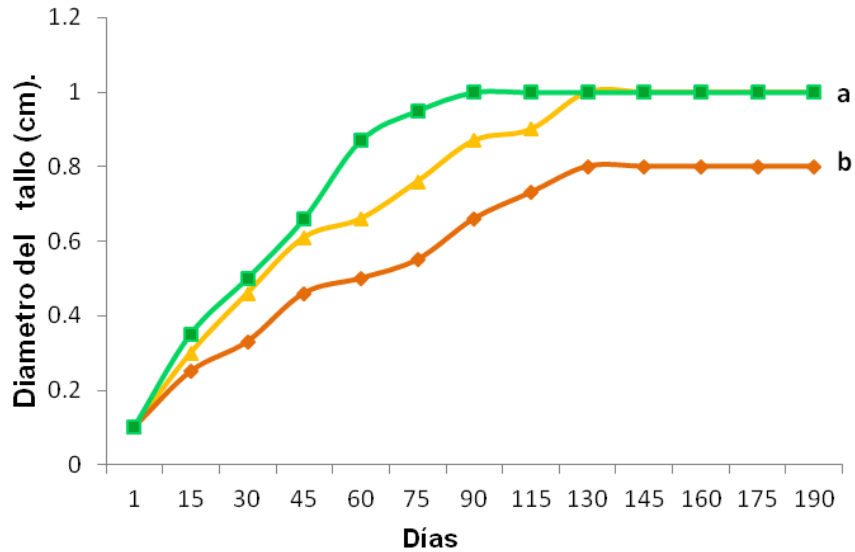


Figura 9 .Diámetro promedio del tallo de jitomate.

—▲— caballo —◆— café —■— vegetal

10.7.3 Número y peso frutos por planta.

El número de frutos por planta promedio para las plantas abonadas con las diferentes vermicompostas oscilan entre 4.4 -7.8 (Cuadro 8). El mayor número de frutos por planta se presentó con la vermicomposta de residuo de cocina, resultando semejante estadísticamente a la vermicomposta de estiércol de caballo. Las condiciones ambientales y nutritivas pueden afectar de forma importante la diferenciación y el desarrollo de la flor, principalmente los factores de temperatura e iluminación. Sin embargo en este trabajo el principal factor que determino el número de frutos por planta fue el contenido de fósforo y potasio en las vermicomposta, y esto concuerda con Cruz-Lázaro *et al.*, (2009), los cuales menciona la importancia del potasio a lo largo del ciclo del cultivo, ya que este es importante para la maduración y en cuanto al fósforo juega un papel relevante en las etapas de enraizamiento y floración, ya que es el factor determinante sobre la formación de raíces y sobre el tamaño de las flores

Por otro lado Piel y Gálvez (2005), también mencionan que la temperatura puede tener un efecto negativo en el desarrollo de la flor, causando aborto de las flores cuando esta es mayor de 30° C. A sí mismo una alta temperatura favorece una disminución de humedad del aire, provocando deshidratación la flor, y como consecuencia su abscisión.

En cuanto al peso de los frutos la vermicomposta de residuo vegetal es la que presentó diferencias significativas ($p \leq 0.005$), en cuanto a los demás tratamientos.

Por otro lado en cuanto al peso promedio de frutos nuevamente el que está por encima de los demás tratamientos es el tratamiento de residuo vegetal, sin embargo los tratamientos de estiércol de caballo y café no mostraron diferencia significativa entre sí, pero en cuanto al peso promedio de frutos el tratamiento de residuo de café se encuentra por encima del testigo, el cual obtuvo la cantidad más baja de peso promedio de frutos y rendimiento.

10.8. Rendimiento y peso promedio de frutos.

En la prueba de comparación de medias para el rendimiento de jitomate, el que obtuvo más rendimiento fue el tratamiento de residuo vegetal con 3.70 Kg/m², seguido por el tratamiento de estiércol de caballo con 2.40 Kg/m², residuo de café con 1.69 Kg/m² y finalmente el testigo con 1.33 Kg/m². Por otro lado en cuanto al peso promedio de frutos nuevamente el que está por encima de los demás tratamientos es el tratamiento de residuo vegetal, sin embargo los tratamientos de estiércol de caballo y café no mostraron diferencia significativa entre sí, pero en cuanto al peso promedio de frutos el tratamiento de residuo de café se encuentra por encima del testigo, el cual obtuvo la cantidad más baja de peso promedio de frutos y rendimiento.

Cuadro 7.Carateristicas

Tratamientos	Fruto por planta	Peso por fruto	Rendimiento Kg/m ²
Estiércol de caballo	6.2±1.64 ab	45.9 ± 6.30 b	2.70 b
Residuo vegetal	7.8±0.83 a	66.7± 16.33 a	4.17 a
Residuo de café	4.4±0.89 b	47.7 ±11.13 ab	1.90 b

Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticas significativas entre tratamientos dentro de la variable de respuesta (Número de frutos: F= 10.33, P=0.0025; Peso frutos: F=5.09, P=0.0116; Rendimiento: F=11.79,P=0.0015).

Este comportamiento puede ser explicado en base a la condición hídrica del cultivo, ya que a elevarse la temperatura dentro del invernadero exigió mayor demanda de agua lo cual influyó en el crecimiento de la planta y en la producción de biomasa, específicamente en raíz y hoja, y esto provoco el encogimiento de raíces por la usencia hídrica en el suelo, efecto que se ve reflejado en la reducción y en la absorción de agua ,cierre de estomas, una reducción en la fotosíntesis y en la producción de biomasa(fruto) Piel y Gálvez, (2005),

Por otro lado el peso del fruto también está influenciado por la relación fuente-demanda y a su vez está determinado por la relación entre la potencia de la fuente y la potencia de la demanda durante el periodo de crecimiento del fruto. Lo cual puede explicar el hecho de que el testigo obtuviera un crecimiento mayor que el tratamiento de residuo de café, ya que probablemente la producción de asimilados fueron aprovechados principalmente para su crecimiento y desarrollo y no para la producción de frutos.

El rendimiento del jitomate viene dado por la capacidad de acumular biomasa (materia fresca y seca) en los órganos que se destinan a la cosecha y un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento en el rendimiento. Este factor está influenciado por la distribución de materia seca en las diferentes etapas del desarrollo del cultivo, es decir el flujo de asimilados a través de un sistema fuente-sumidero Piel y Gálvez, (2005), estos asimilados están directamente relacionados con la cantidad de nutrimentos

presentes en cada una de los tratamientos utilizados, así se puede explicar la diferencias en el rendimiento.

Sin embargo Cruz-Lázaro *et al.*, (2009) menciona que no solo depende de los nutrientes disponibles, sino que también influyen otros factores, como la actividad microbiana, metabólicos biológicamente activos y reguladores de crecimiento.

Por otro lado otro factor que puede influir la rendimiento del jitomate según Cruz-Lázaro *et al.*, (2009) es la cantidad de sustrato suministrado a la planta, ya que reportan un mejor desarrollo de este cultivo, con proporciones de 10 y 20 %, ya que si se utiliza mayor cantidad existe un decremento en el rendimiento de la planta. Estas diferencias se pueden deber a la densidad de microorganismos, tasa de mineralización y a las características de cada uno de los sustratos. Esto probablemente influyo en el rendimiento del jitomate, ya que en este experimento se utilizó un 50% de los diferentes tratamientos, lo cual pudo repercutir de una forma negativa.

XI. Conclusiones

Las tres dietas para la alimentación de la lombriz roja permitieron su supervivencia; sin embargo la dieta de estiércol de caballo también favoreció su reproducción en un 50% en relación a la dieta de residuo de cocina y residuo de café, esto como consecuencia del mejor balance nutrimental (NPK) de la dieta de estiércol.

El procesamiento de la materia orgánica constituyente de cada dieta, a través del vermicompostaje solo incrementó el fósforo y potasio en un 2 %.

Las tres etapas del desarrollo (juveniles, sub- adultas y adultas) de la lombriz estuvieron mejor representadas en la dieta de estiércol de caballo.

El lixiviado como un subproducto de vermicompostaje, representó un abono orgánico foliar de baja concentración, bajo las condiciones particulares de este estudio.

La vermicomposta obtenida a partir de una dieta de residuos de cocina para las lombrices, presentó las mejores concentraciones nutrimentales (NPK), lo cual repercutió en un mejor rendimiento del jitomate guaje.

La composición de las dietas para la crianza de la lombriz es un factor determinante, tanto para la producción de lombriz, como de jitomate, resultando el nitrógeno uno de los principales nutrimentos.

XII.Referencias.

Aguilera, L. D. 2004. Evaluación del efecto de la densidad poblacional inicial y dos ambientes sobre el crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en la IX región. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Chile 76 p.

Adi, A. J y Noor, Z. M. 2009. Waste recycling:Utilization of coffe grounds and kitchen waste in vermicomposting.Bioresource Technology 100(2009):1027-1030

Alcázar, O. J. 2010. Manual básico Producción de hortalizas. México 30 p.

Altieri, M. y Nicholls, C. 2004. Suelos saludables, plantas saludables: la evidencia agroecológica. LEISA revista de agroecología **24**:2.

Bolívar, G. N. 2005. Evaluación reproductiva de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) con mezclas orgánicas a base de bovinaza. Tesis para obtener el título de ingeniero agrónomo zootecnista secretaria de agricultura, ganadería desarrollo rural, pesca y alimentación. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, México 100 p.

Castillo, H., Hernández, A., Domínguez, D., Ojeda, D. 2010. Effect of Californian Red Worm (*Eisenia foetida*) on the Nutrient Dynamics of a Mixture of Semicomposted Materials. Chilean Journal of Agricultural Research 70(3):465-473

Castell, X. E. 2012. Métodos de valorización y tratamientos de residuos. Editorial. Díaz de santos. Madrid Pag **871-873**.

Corlay, L. C., Ferrera, C. R., Etchevers, B. J., Echegaray, A. A., Santizo, R.J.1999. Cinetica de grupos microbianos en el proceso de producción de composta y vermicomposta. Departamento de suelos. Agrociencia **33**:375-380.

Cuevas, G. R. 2005. Desarrollo de la lombriz *Eisenia foetida* Sav. en dos localidades y efecto de la lombricomposta en maíz y suelo en el Soconusco, Chiapas. Tesis de Maestría en Ciencias en Agricultura Tropical. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus IV. Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, Chiapas, México 67 p.

Cun, G. R., Duarte, D. C., Montero, S. L. 2008. Producción orgánica de tomate mediante la aplicación de humus de lombriz y EcoMic en condiciones de casa de cultivo. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias **17**(3):22-25.

Cruz, L. E., Estrada, B. M., Robledo, T. V., Osorio, O. R., Márquez, H. C., Sánchez, H. R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y

vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* **25**(1):59-67.

Díaz, D., Cova, J., Castro, A., García, E., Perea, F. 2008. Dinámica del crecimiento y producción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.). *Agricultura andina* **15**: 39-55.

Durán, L., Henríquez, C. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* **33**(2):275-281.

Durán, L., Henríquez, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostas producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* **31**(1):41-51.

Ferruzzi, C. 2001. Manual de lombricultura. Mundi-Prensa. México, D.F. 138 p.

Galvan Armando. 2009. Importancia de la elaboración de composta y vermicomposta a partir de residuos agrícolas Tesina para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de Nayarit. 44 p

González, S. M., González, P. S., Rosales, R. T. 2011. Café (*coffea arabica* L): Compuestos volátiles relacionados con el aroma y sabor. *U. Tecnociencia* **5**(2):35-4

Gonzalez, G., Mora, F. 2003. Utilización de diversos desechos orgánicos en el cultivo de lombrices con fines agroecológicos. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*. 271p.

Gutiérrez, V. E., Caratachea, J. A., Ancelmo, M. J., Sandoval, R. A. 2007. Dinámica poblacional de la lombriz *eisenia foetida* en estiércol composteado y fresco de bovino y ovino. *Revista Electrónica Veterinaria, España* **8**(7):1-8.

Hellin, J. 2004. De erosión de suelos a suelos de calidad. *LEISA Revista de agroecología* **19**:4.

Hernández, A. J., Ramírez, N., Bracho, B., Faría, A. 1999. Caracterización del crecimiento de la lombriz roja (*eisenia* spp.), bajo condiciones de clima cálido. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* **25**:139-147.

Henández-A, J., Chacín, L., Avila, N., El Khatib, I., Chirinos y B. Bracho. 2011. Métodos de manejo de la salinidad del estiércol bovino para el vermicompostaje con la lombriz roja (*Eisenia andrei*). *Rev. Fac. Agron* **28**(1):342-350

Hernández, J., Mavarez, L., Romero, E., Ruíz, J., Contreras, C. 2003. Altura del cantero en el comportamiento de la lombriz roja (*Eiseniassp*); bajo condiciones cálidas. Rev .Fac. Agron (LUZ) **20**:320-327.

Hunt, R., Causton, D. R., Shipley B., Askew P. 2002 A modern tool for classical plant growth analysis. Annals of Botany **90**: 485-488

Lara, H. A., Quintero, L. R. 2006. Manual de producción de humus de lombriz. Unidad Académica de Agronomía. Universidad Autónoma de Zacatecas, México, 43 p.

Larco, R. E. 2004. Desarrollo y evaluación de lixiviados de compost y lombricompost para el manejo de sigatoca negra (*mycosphaerella fijiensis morelet*), en platano. Tesis de Maestría. Escuela de Posgraduados, Programa de educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba Costa Rica. 77 p.

Lenin, M. G. 2008. Manual de lombricultura. Colegio de estudios científicos y tecnológicos del estado de Chiapas. México. 39 p.

Marschner Hors. 1995. Mineral nutrition of Higher plants. Academic press inc. San Diego CA

Martínez, R. M., Miglierina, A. M., Luna, M., Konijnenburg, A. V., Pellejero, G. 2008. Evaluación del compostaje de los residuos del procesamiento de la cebolla .Revista Pilquen. Universidad Nacional del Comahue, Dpto. Agronomía. **10**(9):1-3.

Mondragón, A.J., Rojas, S.L., Juárez, C. A., Gutiérrez, V. E. 2011. La lombricultura en la producción agropecuaria y medio ambiente. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales Universidad de Michoacán, México. 2-10 p

Mora, F. 1994. Algunas consideraciones para la producción orgánica de hortalizas. Agronomía Mesoamericana **5**:171-183.

Morales, M. C., Fernandez, R. V., Montiel, C. A., Peralta, B. C. 2009. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*eisenia foetida*).Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Biotécnica **11**(1):19-26.

Moreno, R. A., Valdés, P. M., Zarate, L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustrato de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. Agricultura Técnica **65**(1):26-34.

Nagavallema, K. P., Wani, S. P., Stephane, L., Padmaja V. V., Vineela, C., BabuR, M., Sahrawat, K. L. 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into valuable

organic fertilizer. Global Theme on Agrecosystems Report no.8.Patancheru 502324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.20 pp.

Nieto- Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguéz, E., Larrinaga-Mayoral, A. J., Garcia-Hernandez, L. J. 2002.El uso de composta como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*capsicumannuum* L.) en zonas áridas. Interciencia **27**(8):417-42.

Noperi-Mosqueda, L., Quezada-Solís, J., Mendoza-Gálvez, S., Hernández-Rodríguez, O., Pérez-Leal, R., Basurto-Sotelo, M. 2007. XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Zacatecas, México.

NOM-021-RENACT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.

NOM-113-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa

NMX-FF-109-SCFI-2008. Humus de lombriz (lombricomposta) Especificaciones y métodos de prueba.

Ortiz- Mejía, J. 2004. Comportamiento reproductivo de la lombriz de tierra (*Eisenia fétida*) en diferentes sustratos. Tesis ingeniero agrónomo en sistemas agrícolas de zonas áridas, Universidad Autónoma Chapingo, Durango.87p.

Ortega-Martínez, Ocampo Mendoza., Martínez Valenzuela., Pérez Serrano., Sánchez Olarte. 2010. Efecto de las giberlinas sobre el crecimiento y calidad de plántulas de tomate. Biotecnia **15**(3).

Pérez, A., Céspedes, C., Núñez, P. 2008.Caracterización física-química y biológica de las enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en la república dominicana. R. C. Suelo Nutr.Veg.**8** (4):10-29.

Pérez, C. J. 2006. La política de fomento a la agricultura orgánica. El cotidiano, Universidad Autónoma Metropolitana **21**(139):101-106.

Pineda, R. J. 2006. Lombricultura. Instituto Hondureño del café. Tegucigalpa, Honduras. 38 p.

Rodríguez, M. R., Alcantar, G. E., Iñiguez, C. G., Zamora, N. F., García, L. P., Ruiz, L. M., Salcedo, P.E. 2010. Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero. Interciencia Venezuela **35**(7):515-520

Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Favela-Chávez, E., Figueroa-Viramontes, U., Paul-Álvarez, V. de P., Palomo-Gil, A., Márquez-Hernández, C., Moreno-Reséndez, A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* **13**(2):185-192.

Rodríguez, D. N., Cano, R. P., Figueroa, V. U., Palomo, G. A., Favela, C. E., Álvarez R, P. V., Márquez, H. C., Moreno, R. A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana. Chapingo México.* **31**(3):265-272.

Salazar, S. E., Fortis, H. M., Vázquez, A. A., Vázquez, V. C. 2003. *Agricultura Orgánica Facultad de agricultura y zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.* 271p.

Sánchez-Hernández J. y Santiago-Cruz M. 1998. Efectos de política y ventaja comparativa en jitomate de exportación en Sinaloa y baja California. *Frontera norte* **10**(19):77-91.

Schuldt, M. 2006. *Lombricultura teoría y práctica.* Mundi-prensa, España. 307 p.

Schuldt, M., Rumi, A., Gutiérrez, D. 2005. Determinación de "edades" (clase) en poblaciones de *Eisenia foetida* (Annelida: Lumbricidae) y sus implicaciones reprobilógicas. *Revista del museo de la plata, Zoología* **17**(170):1-10

Schuldt, Miguel., Testa, Hernán. 2010. La fecundidad de las lombrices rojas. *Revista Electrónica de Veterinaria. Málaga, España* **11**(10): 1-11.

SFA, 2010. *Monografía del jitomate.* Sagarpa. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Terraza, S., Lara, M., Villarreal, R., Hernández, S. (2012). Crecimiento de plantas y rendimiento de tomate en diversas relaciones nitrato/amonio y concentraciones de bicarbonato.

Theunissen, J., Ndakidemi, P., Laubscher, C. 2010. Potencial of vermicompost produced from waste on the growth and nutrient status in vegetable production. *International Journal of the Physical Sciences.* **5**(13):1964-1973.

Trinidad, S. A 2010. *Abonos verdes,* SAGARPA, Colegio de posgraduados, México, Edo de México.