

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Elaboración de lombricomposta con residuos orgánicos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO HORTÍCOLA**

P R E S E N T A:

ALONSO CABRERA RIVAS

**DIRECTOR DE TESIS:
Dr. Héctor Sotelo Nava**

Cuernavaca, Morelos, noviembre del 2020



**Elaboración de lombricomposta con residuos orgánicos de la
Universidad Autónoma del Estado de Morelos utilizando lombriz
roja californiana (*Eisenia foetida*)**

Tesis realizada por Alonso Cabrera Rivas, bajo la Dirección del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO HORTÍCOLA

COMITÉ ASESOR

Director _____

Dr. Héctor Sotelo Nava

Asesor _____

Dr. Oscar Gabriel Villegas Torres

Asesor _____

Dra. María Andrade Rodríguez

Asesor _____

Dr. Porfirio Juárez López

Asesor _____

Dr. José Daniel López Gómez

DEDICATORIAS

El presente trabajo lo dedico principalmente a mis padres Jeannet y Adrian, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis abuelos Kiki y Juanito por estar siempre presentes, por sus consejos y por todo el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que me apoyaron y creyeron en mí.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

A mi director de tesis el Dr. Héctor Sotelo Nava, por su tiempo y dedicación, quien con su experiencia, conocimiento y motivación me orientó en la investigación.

A mis asesores el Dr. Oscar Gabriel Villegas Torres, la Dra. María Andrade Rodríguez, el Dr. Porfirio Juárez López y el Dr. José Daniel López Gómez, por el apoyo que me brindaron para la conclusión de esta investigación.

A todos los docentes y trabajadores de la Dirección General de Desarrollo Sustentable (DGDS) por el buen trato y por permitirme realizar este trabajo en sus instalaciones.

Al Dr. Juan Manuel Rivas González por todos sus consejos y conocimiento.

A todos mis maestros de la carrera, por sus conocimientos transmitidos.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Justificación	14
1.2. Objetivo general.....	14
1.3. Objetivos específicos	15
1.4. Hipótesis	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
2.1. Generalidades	16
2.2. Clasificación taxonómica.....	16
2.3. Características morfológicas	17
2.4. Reproducción.....	17
2.5. Alimentación y nutrición	18
2.5.1. Clasificación de los recursos orgánicos para la alimentación de lombrices	19
2.6. Establecimiento del lombricultivo	19
2.6.1. Selección del sitio	19
2.6.2. Construcción de las camas, lechos o módulos	20
2.6.3. Preparación del sustrato (alimento)	21
2.6.4. Llenado de camas	21
2.6.5. Siembra de lombriz	22
2.7. Manejo de cultivo	23
2.7.1. Humedad	23
2.7.2. Temperatura	23
2.7.3. Acidez.....	24
2.7.4. Controles de luz.....	24
2.7.5. Control de oxígeno	24
2.7.6. Manejo genético	25
2.7.7. Riego	25
2.7.8. Suministro de alimento	26
2.7.9. Cosecha y movilización de la lombriz a otras camas	26
2.8. Plagas.....	27
2.8.1. Topos	28

2.8.2. Ratas y ratones.....	28
2.8.3. Serpientes	28
2.8.4. Aves	29
2.8.5. Artrópodos	29
2.8.6. Planaria	30
2.9. Enfermedades	30
2.10. Productos finales	31
2.10.1. Humus	31
2.10.2. Carne y harina de lombriz	35
2.11. Comercialización y mercadeo	36
2.11.1. Estudio económico	36
III. METODOLOGÍA	38
3.1. Ubicación del experimento	38
3.1.1. Clima	38
3.1.2. Temperatura	38
3.2. Materiales	39
3.3. Acondicionamiento de pilas	39
3.4. Recolección de residuos orgánicos.....	39
3.5. Residuos orgánicos para elaboración de pre-composta.....	40
3.6. Pre-compostaje de residuos	40
3.7. Establecimiento del experimento	42
3.8. Elaboración de la lombricomposta	42
3.9. Mantenimiento de pilas:	49
3.10. Riegos cada semana	49
3.11. Variables evaluadas.....	50
3.12. Toma de muestras	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1. Residuos orgánicos generados en la UAEM	52
4.2. Pre-composta generada en el módulo de producción de la DGDS	52
4.3. Lombricomposta generada en el módulo de producción de la DGDS	53
4.3.1. Rendimiento de la lombricomposta generada en el módulo de producción de la DGDS	53
V. CONCLUSIONES.....	57

VI. LITERATURA CITADA	58
------------------------------------	-----------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis químico del humus.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2. Cuadro comparativo entre humus y abonos orgánicos.	32
Tabla 3. Dosis recomendadas de humus.	33
Tabla 4. Composición química de la harina de lombriz (% en materia seca)	36
Tabla 5. Mercados para la lombricultura	37
Tabla 6. Grados de calidad física de la lombricomposta:	54
Tabla 7. Lombricomposta obtenida en este experimento:	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Recolección de residuos orgánicos para la elaboración de la pre-composta.....	40
Figura 2. Preparación de pre-composta.....	41
Figura 3. Oxigenación de la pre-composta por el método de volteo.....	41
Figura 4. Primer proceso finalizado de la pre-composta.....	43
Figura 5. Elaboración del segundo proceso de la pre-composta.....	43
Figura 6. Oxigenación en el tercer proceso de pre-composta.....	44
Figura 7. Elaboración de la cuarta y última etapa de pre-composta.....	44
Figura 8. Siembra de lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>) en la primera etapa de este experimento.....	45
Figura 9. Alimentación de pre-composta para las lombrices.....	46
Figura 10. Pila de lombricomposta lista para ser alimentada.....	46
Figura 11. Pre-composta lista para ser utilizada como alimento de lombrices.....	47
Figura 12. Lombrices en la “trampa” de comida listas para ser extraídas.....	48
Figura 13. Utilización de un cernidor manual para obtener humus de una granulometría fina.....	48
Figura 14. Monitoreo al comportamiento de la lombriz.....	49
Figura 15. Riego semanal a las lombricompostas.....	50
Figura 16. Estimación de las cantidades de residuos orgánicos que se generan por día, semana y mes en el campus norte de la UAEM.....	52
Figura 17. Estimación de las cantidades de pre-composta que se pueden generar por día, semana y mes en las instalaciones de la DGDS.....	53
Figura 18. Estimación de las cantidades de lombricomposta que se pueden generar por día, semana y mes en las instalaciones de la DGDS.....	54

RESUMEN

La lombricultura es una actividad agropecuaria y consiste en la crianza de lombrices en cautiverio cuyo objetivo inmediato es la producción de humus de lombriz. Es la alternativa más viable para la gestión y aprovechamiento de los residuos orgánicos sólidos ya que una mayor cantidad de estos podría traducirse en una reducción de entre 2 y 38 millones de toneladas en emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO² -eq) en México. La presente investigación se realizó en las instalaciones de la Dirección General de Desarrollo Sustentable (DGDS) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y se llevó a cabo durante el periodo comprendido del 20 de febrero al 15 de mayo con la finalidad de elaborar humus de lombriz utilizando los residuos orgánicos generados en las cafeterías e instalaciones de la universidad, mediante la actividad de *Eisenia foetida* y así reducir el impacto ambiental que estos generan y poder producir un abono orgánico de buena calidad. Los residuos recolectados se depositaron en una pila a manera de capas, alternando material seco con material fresco por un periodo de 3 semanas, se obtuvieron 3,194.14 kg de residuos orgánicos frescos en un periodo de 63 días. Para este experimento se destinaron cuatro pilas de cemento de 4 metros de largo X 1.5 metros de ancho y 0.5 metros de profundidad, en las que se depositó en cada una de ellas una capa de material orgánico pre-compostado, con una altura aproximada de 10 – 15 cm, de los residuos frescos antes mencionados, se obtuvieron 2,235.9 kg de pre-composta en un periodo de 84 días. A cada pila se le agregaron 558.9 kg de pre-composta y de cada pila se obtuvieron 294.7 kg de lombricomposta, por las cuatro pilas que se usaron para la investigación, se obtuvieron 1,178.8 kg en un tiempo de 128 días, de este humus, el 43.27% correspondió a la categoría “extra” y el 56.73% a la categoría “segunda” con base en la norma mexicana NMX-AA-180-SCFI-2018, con base en esta misma norma, el rendimiento en la elaboración del humus fue del 52.72%. Los resultados permiten concluir, que el pre-compostado, es la medida más eficiente para la elaboración de lombricomposta, en una relación de 60% de residuos orgánicos frescos con un 40% de material seco, esto para equilibrar la relación de C/N y humedad desde el inicio del experimento. Lo anterior permite elaborar una lombricomposta de excelente calidad y con un óptimo rendimiento para ser utilizada como abono orgánico, pese a que aproximadamente el 70% de los residuos fueron cítricos, las lombrices no presentaron signos de estrés, demostraron que es posible usar cualquier tipo de residuo orgánico, siempre y cuando pase por un proceso de pre-composteo para su alimentación.

Palabras clave: lombricultura, pre-composta, humus, abono orgánico.

summary

Vermiculture is an agricultural activity and consists of the raising of worms in captivity whose immediate objective is the production of earthworm humus. It is the most viable alternative for the management and use of solid organic waste since a greater amount of these could translate into a reduction of between 2 and 38 million tons in emissions of carbon dioxide equivalent (CO² -eq) in Mexico. This research was carried out at the facilities of the General Directorate of Sustainable Development (DGDS) of the Autonomous University of the State of Morelos and was carried out during the period from February 20 to May 15 in order to produce humus of worm using the organic waste generated in the cafeterias and university facilities, through the activity of *Eisenia foetida* and thus reduce the environmental impact that these generate and be able to produce a good quality organic fertilizer. The collected waste was deposited in a pile as layers, alternating dry material with fresh material for a period of 3 weeks, 3,194.14 kg of fresh organic waste were obtained in a period of 63 days. For this experiment, four cement piles of 4 meters long X 1.5 meters wide and 0.5 meters deep were used, in which a layer of pre-composted organic material was deposited in each of them, with an approximate height of 10 - 15 cm, from the aforementioned fresh waste, 2,235.9 kg of pre-compost were obtained in a period of 84 days. To each pile 558.9 kg of pre-compost were added and each pile 294.7 kg of vermicompost were obtained, for the four piles that were used for the investigation, 1,178.8 kg were obtained in a time of 128 days, of this humus, 43.27 % corresponded to the "extra" category and 56.73% to the "second" category based on the Mexican standard NMX-AA-180-SCFI-2018, based on this same standard, the performance in the production of humus was of 52.72%. The results allow us to conclude that pre-composting is the most efficient measure for the elaboration of compost vermicompost, in a ratio of 60% of fresh organic waste with 40% of dry material, this to balance the C / N ratio and humidity from the beginning of the experiment. This allows the elaboration of a vermicompost of excellent quality and with an optimal yield to be used as organic fertilizer, despite the fact that approximately 70% of the residues were citrus, the worms did not show signs of stress, they showed that it is possible to use any type of organic waste, as long as it goes through a pre-composting process for its food.

Keywords: vermiculture, pre-compost, humus, organic fertilizer.

I. INTRODUCCIÓN

La gestión inadecuada de los residuos se ha convertido en uno de los mayores problemas no sólo medioambientales, sino también de salud y económicos en todo el mundo, así como el uso de agroquímicos en la producción de alimentos. Cada año, se generan en todo el planeta **entre 7,000 y 10,000 millones de toneladas de residuos** -incluyendo urbanos, industriales, construcción y demolición, así como de 3,000 millones de personas carecen de acceso a instalaciones controladas de gestión de residuos (GWMO, 2015).

Canadá y Estados Unidos disponen de programas de compostaje bien establecidos, muchos de los cuales reciben desechos alimentarios. Aunque en México se observa un rezago en cuanto a la adopción de esta práctica, es evidente el potencial para instrumentar en el país iniciativas y prácticas vigorosas de compostaje de residuos orgánicos (CCA, 2017).

El desvío y aprovechamiento mediante lombricompostaje de una mayor cantidad de residuos orgánicos podría traducirse en una reducción de entre 2 y 38 millones de toneladas en emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO² -eq) en México (EGIREM, 2017).

En Morelos se generan 1,939.95 ton de residuos por día, lo cual lo sitúa en el lugar 22 en menor generación del territorio nacional en la materia (INEGI, 2011); el promedio diario per cápita alcanza el 1.1 kg/día y el volumen recolectado de estos residuos representa el 80% de lo generado, indicador que supera el promedio nacional de 72% (EGIREM, 2017).

En el siglo XIX cuando Darwin, en su libro “La formación de la tierra vegetal por la acción de las lombrices”, publicado en 1881, explica la verdadera función de estos invertebrados en el suelo. Esta obra sería el inicio de una serie de investigaciones que hoy han transformado el vermicompostaje, vermiestabilización o compostajes

con lombrices y la lombricultura en una actividad zootécnica muy importante que permite mejorar la producción agrícola (Martínez *et al.*, 2000).

La lombricultura es una actividad agropecuaria y consiste en la crianza técnica de lombrices en cautiverio cuyo objetivo inmediato es la producción de humus de lombriz. Esta biotecnología prácticamente desconocida entre nosotros hasta hace poco tiempo, se inició en Estados Unidos, se extendió a Europa y finalmente hacia el resto del mundo; aplica normas y técnicas de producción utilizando lombrices rojas californianas para reciclar residuos orgánicos biodegradables y, como fruto de su ingestión, los anélidos efectúan sus deyecciones convertidas en el fertilizante orgánico más importante hoy disponible (Schuldt, 2006).

La “lombricomposta” reduce la necesidad de utilizar fertilizantes sintéticos (y, por consiguiente, contribuye a mitigar las emisiones y el uso intensivo de energía asociados con su manufactura); aumenta el control de la erosión; evita la pérdida de mantillo, y protege aún más el medio ambiente al captar y almacenar carbono (Reyes *et al.*, 2004).

Con su actividad participan en la fertilización, aireación, formación en el suelo y es posible obtener materia orgánica muy estable en un tiempo relativamente corto para su uso inmediato en la agricultura. Los excrementos de la lombriz contienen 5 veces más nitrógeno, 7 veces más fósforo, 5 veces más potasio y 2 veces más calcio que el suelo donde viven y se alimentan (Donahuect, 1977).

Las lombrices aceleran la descomposición y humidificación de la materia orgánica, modo directo (alimentación detritívora y desplazamiento a través de galerías) o indirecto (estimulación de la actividad microbiana). La función de estos detritívoros aumenta el contenido de nutrientes, convirtiéndolos a través de la actividad microbiana en formas solubles y asimilables por los cultivos, se favorece la producción de sustancias que puedan actuar con acción fitohormonal sobre las plantas (Romero *et al.*, 2008).

El proceso de vermicompostaje ha sido utilizado para la degradación de un gran número de residuos orgánicos, y se considera como una bio-tecnología limpia, sin impacto ambiental negativo y cuyos costos de inversión, energético y de mantenimiento son moderadamente bajos.

1.1. Justificación

En la Universidad Autónoma del Estado de Morelos se genera más de una tonelada de residuos orgánicos al mes, proveniente de sus instalaciones y cafeterías, que tienen el potencial para ser aprovechados y transformados en abono orgánico de buena calidad.

Los residuos orgánicos son todos aquellos desechos que se generan en la actividad doméstica y comercial como: restaurantes, plazas de mercado, hogares, escuelas. Estos residuos, por su cantidad y composición, deben ser tratados de manera controlada, evitando cualquier daño al medio ambiente. La medida de control más utilizada en la actualidad son los rellenos sanitarios y con este existen otros medios para no solo controlar sino transformar estos residuos para bien del medio ambiente y devolver lo orgánico a la tierra.

Este proyecto de investigación se ha planteado con la finalidad de darle un tratamiento y manejo adecuado a los residuos orgánicos producidos en la U.A.E.M mediante el uso de lombricomposta con la ayuda de *E. foetida*, como alternativa de producción limpia y sostenible, evitando la contaminación en ambientes escolares y transformando los residuos en lombricomposta de buena calidad y de esa manera mitigar su impacto ambiental negativo.

1.2. Objetivo general

Elaborar humus de lombriz utilizando los residuos orgánicos generados en las cafeterías e instalaciones de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos mediante la actividad de *Eisenia foetida* con la finalidad de reducir el impacto ambiental que estos generan y poder producir un abono orgánico de buena calidad.

1.3. Objetivos específicos

- Producir lombricomposta de excelente calidad, para su uso como abono orgánico para los vegetales.
- Analizar en el laboratorio la calidad física del humus de lombriz obtenido en la presente investigación.
- Identificar el rendimiento del humus de lombriz resultado de esta investigación de cada una de las pilas.

1.4. Hipótesis

- Se espera que el aprovechamiento de los residuos orgánicos de la U.A.E.M. mediante la actividad de *Eisenia foetida* genere humus de calidad y un óptimo rendimiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), reúne características morfológicas, fisiológicas y comportamentales muy importantes para introducirla dentro de una explotación zootécnica.

El grupo de los anélidos lo integran casi 9,000 especies de gusanos marinos, de aguas dulces y terrestres, que incluyen a las lombrices de tierra comunes. El cuerpo de los anélidos se destaca por estar dividido en segmentos, los cuales son visibles externamente y separados por participantes (septos) en el interior. Estos segmentos o anillos (95 en la lombriz roja y entre 80 y 150 en la lombriz terrestre) tienen distintas funciones según su ubicación (Cañari, 2002).

La lombriz roja californiana vive normalmente en zonas de clima templado; su temperatura corporal oscila entre 19 °C y 20 °C y humedad del 82 %. En estado adulto, mide entre 7 y 10 cm de longitud, con un diámetro de 3 a 5 mm; su peso aproximado es de 1 g. Una lombriz consume diariamente una cantidad de residuos orgánicos equivalente a su peso: entre el 40 % y 50 % se convierte en abono y el resto lo utiliza en su metabolismo y para generar tejidos corporales. Vive hasta 16 años, durante los cuales se acopla regularmente cada 7 días (45 días en la lombriz común), desde los 3 meses de edad, si la temperatura y la humedad del medio son adecuadas (Fajardo, 2002).

2.2. Clasificación taxonómica

- Reino: Animal
- Subreino: Metazoos
- Phylum: Protostomados
- Grupo: Anélidos
- Orden: Oligoquetos

- Familia: Lombricidae
- Género: *Lombricus*, *Eisenia*
- Especies: *Lombricus terrestris* (lombriz de tierra común), *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana), *Eudrillus eugnie* (lombriz africana)

2.3. Características morfológicas

La pared del cuerpo de las lombrices está constituida, de afuera hacia dentro, por:

- La cutícula: lámina muy delgada, generalmente de color marrón brillante.
- La epidermis: epitelio simple con células glandulares que producen una secreción mucosa; también hay células glandulares que producen una secreción serosa.
- El clitelo: es un claro abultamiento glandular ubicado en la parte anterior del cuerpo, y se caracteriza por secretar una sustancia que forma las cápsulas para alojar los huevos. Aparece sólo en las lombrices adultas y representa la madurez sexual.
- Las capas musculares: son dos, una circular externa y una longitudinal interna.
- El peritoneo: capa más interna que limita exteriormente con el celoma de la lombriz.
- El celoma: cavidad que contiene líquido celómico, y dentro de éste se suspenden los órganos internos del animal. Se extiende a lo largo del cuerpo y envuelve el canal alimentario (Miriam, 2003).

2.4. Reproducción

La lombriz es hermafrodita incompleta, por lo que no puede auto fecundarse y debe realizar un acoplamiento con otra lombriz para reproducirse. Los sistemas masculino y femenino están localizados en la parte anterior.

Como resultado del acoplamiento de dos lombrices, se producirán dos huevos o cápsulas, uno por cada lombriz. La fecundación se realiza a través del clitelo, cuyas glándulas producen el capullo o cápsula de color amarillo y de 3 x 4 mm.

Estas cápsulas se abren después de 12 a 21 días, según la temperatura del medio donde se encuentren ubicadas. En cada huevo o cápsula se albergan entre 2 y 20 pequeñas lombrices (1 a 4 por huevo en la lombriz de tierra); la cápsula contiene un líquido (albúmina) que constituye la fuente alimenticia de las pequeñas lombrices durante el corto período de incubación (Ferruzi, 1994).

La actividad sexual de la lombriz está disminuida en los meses muy calurosos o demasiados fríos y llega a su máximo de capacidad fecundante en los meses templados. Logra su madurez sexual a los tres meses, pero se considera adulta a los siete meses de su nacimiento. Puede producir anualmente, en condiciones normales de humedad y temperatura, unas 1,500 pequeñas lombrices, es decir, cinco generaciones anuales aproximadamente (Ferruzi, 1994).

2.5. Alimentación y nutrición

Las lombrices comen casi cualquier sustancia orgánica putrefacta y son muy golosas para los azúcares, las sales y la celulosa. Cuanto más fino sea el granulado de la comida, menor dificultad tendrá para ingerirla y, por tanto, mayor será la producción de humus; es indispensable que se triture el alimento antes de suministrarlo, para acelerar el proceso de degradación y mejorar la textura (Compagnoni y Putzolu, 2018).

Como las lombrices son muy voraces y les encanta la celulosa, aceptan el papel y el cartón, siempre y cuando estén bien humedecidos. También se les puede suministrar aserrín o viruta de madera que proceda de árboles pobres de resina y bajos en taninos pues el exceso de estas sustancias es mortal para la lombriz (Ruiz y Acevedo, 2011).

2.5.1. Clasificación de los recursos orgánicos para la alimentación de lombrices

1. Desechos agrícolas: tamos, socas de maíz, desecho de frutas, malezas, pulpa de café, residuos de cosechas, etc.
2. Estiércoles: bovinos, equinos, porcinos, ovinos, conejos, aves, etc.
3. Basuras urbanas biodegradables.
4. Desechos de plazas de mercado.
5. Desechos de industrias alimentarias.
6. Desechos de industria de papel.
8. Sedimentos de aguas servidas.
9. Desechos sólidos de la producción de biogás.
10. Efluentes orgánicos.

2.6. Establecimiento del lombricultivo

Es necesario tener claro tres factores: el objetivo del producto, su destino y la ubicación de la explotación. La lombriz se debe adquirir en explotaciones tecnificadas, donde se tenga un manejo adecuado para garantizar su calidad. La semilla o pie de cría se comercializa en mezcla de lombriz-sustrato como mínimo 175 g de lombriz pura por kilogramo y no se debe mezclar con otras especies de anélidos, pues la calidad del humus disminuye (Romero, 2000).

2.6.1. Selección del sitio

Las características más relevantes para seleccionar el sitio para lombricultivo son:

- Cercanía a las fuentes de alimentación.
- Condiciones favorables para el animal.
- Disponibilidad de agua.
- Suelos franco-arenosos y nivel freático bajo.

- No debe haber árboles ni plantas resinosas (pinos, abetos, etc.)
- En lo posible, debe estar localizado en una zona donde sea fácil encontrar el alimento de la lombriz, como grandes empresas con comedor para empleados, establos, fábricas de papel, fábricas de curtidos, etc.; todo esto para evitar altos costos de transporte de los residuos orgánicos.

Las condiciones de relieve no son tan importantes, pues hay diversas formas y estructuras para los lechos. Cualquier día del año se puede iniciar una explotación de lombrices (Sánchez y Granera, 2008).

2.6.2. Construcción de las camas, lechos o módulos

Un lecho o cama es un espacio rectangular delimitado por maderas, ladrillos, bloques de cemento o cualquier elemento que sirva de contención. Aunque no es indispensable, se puede simplemente apilar el alimento sobre el suelo e introducir en él las lombrices (Morales-Munguía *et al.*, 2009).

Los lechos deben estar ubicados de acuerdo con la dirección del viento, ya que las lombrices son muy susceptibles y puede producir su migración.

Las camas superficiales pueden tener un ancho de 1 m a 1.5 m, por una profundidad de 30 a 40 cm y los metros que sean de largo, que permita un fácil desplazamiento a su alrededor. La distancia entre cama y cama debe ser mínimo de 1 m, para permitir el desplazamiento de la carretilla en la que se transporta el alimento o el humus.

En general, la lombriz *E. foetida* se puede criar en cualquier lugar al aire libre o en camas, siempre y cuando la altura del lecho no pase de 60 cm; de lo contrario, se crea una fermentación anaeróbica que hace perder la calidad al humus. Se utilizan tres tipos de lechos, dependiendo de los factores anteriormente expuestos:

- Lechos subterráneos: para suelos con buen drenaje. En los lugares de bajas temperaturas y donde la lluvia no constituye un peligro, se hacen los lechos construyendo excavaciones de 1 m de ancho por 50 cm de profundidad.
- Lechos superficiales: cuando las explotaciones se ubican en suelos arcillosos.

- Lechos aéreos: para suelos muy arcillosos o con nivel freático alto (Peña, 2014).

2.6.3. Preparación del sustrato (alimento)

La preparación de la comida debe basarse en una combinación de material vegetal fresco y seco en ciertos porcentajes. Mezclar los materiales biodegradables de diferente clase es una buena estrategia, puesto que los de fermentación rápida sirven como aceleradores de los de fermentación lenta, en iguales condiciones de humedad, aireación, temperatura y carga microbiana (Osorno, 2017).

Para comenzar a fermentar aeróbicamente es necesario que el sustrato esté fresco; se comienza dándole vuelta 1 ó 2 veces al día para que escapen gases tóxicos, alternando con suministro de agua para así evitar que el sustrato se caliente.

La temperatura de fermentación puede llegar a los 70 °C u 80 °C. Pasados 15 días, se recomienda añadir 300 cm³ por m² de carbonato de calcio y se mezcla bien para contrarrestar la acidez; se sugiere remover el material cada 24 horas hasta que la temperatura sea constante y el material presente un color café oscuro, sin mal olor y al tacto, pastoso.

El riego al sustrato se efectúa semanalmente o cada 4 a 5 días, para disolver el carbonato de calcio y lixiviar el ácido úrico presente.

El objetivo es que el alimento se estabilice en un pH de 7.5 a 8, una humedad del 80 % y una temperatura de 20 °C a 25 °C. (Rodríguez, 2005)

2.6.4. Llenado de camas

En el fondo de la cama se coloca una capa delgada de cal y encima de ésta se coloca el sustrato o comida en una capa de 10 cm a 15 cm. Este material debe regarse hasta que quede regularmente húmedo sin que se encharque. El sustrato madurado se extiende sobre la base del lecho con un espesor de 25 cm en climas

fríos y 15 cm en climas cálidos. Antes de inocular las lombrices se verifica el pH (Corredor y Darquea, 1985).

2.6.5. Siembra de lombriz

Antes de poner las lombrices en contacto directo con el alimento en las camas, se debe asegurar que la fermentación del material haya finalizado, para lo cual se procede a realizar una prueba que garantiza la supervivencia y se llama comúnmente prueba de 50 lombrices (P50L).

Para realizar la prueba P50L se coloca en una caja de madera (30 cm x 30 cm x 15 cm), suficiente cantidad del alimento preparado hasta que tenga un grosor de 10 cm, luego se colocan 50 lombrices, entre adultas y jóvenes; después se riega con agua, sin encharcar. Para evitar la luz, las lombrices se introducen dentro del sustrato y comienzan a explorar si el nuevo ambiente es adecuado para garantizar, primero, su permanencia y su acción productiva. Pasadas 24 horas, hay que verificar si las 50 lombrices se encuentran en condiciones óptimas de salud. Si mueren más de dos lombrices, quiere decir que el alimento no reúne aun las condiciones adecuadas y hay que proceder a unificar las oportunas correcciones.

Por el contrario, si todas las lombrices están vivas y se han distribuido en el medio, se puede proceder a la inoculación de las lombrices en el alimento (Schuldt *et al.*, 2005).

La siembra de la lombriz se efectúa preferiblemente en la mañana, debido a su fototropismo negativo y se hace colocando 1 kg de lombrices adultas y jóvenes por m². Posteriormente, se procede a tapar la cama o lecho con 10 cm de pasto, hasta completar un total de 25 cm a 30 cm de grosor y finalmente se riega con agua cuidadosamente (Schuldt, 2006).

Realizada la inoculación, las lombrices penetran inmediatamente el sustrato y se distribuyen en todo el alimento en pocas horas y comienzan a alimentarse y a reproducirse. Por lo menos durante los primeros 20 días, la rutina de riego al lecho se debe realizar cada vez que éste lo requiera (Rodríguez, 2005).

2.7. Manejo de cultivo

Es preciso mantener los alrededores del lecho libres de malezas, en lo posible 5 a 10 cm de distancia. Para que el cultivo sea viable, se deben tener en cuenta los siguientes factores (Martínez, 2000):

2.7.1. Humedad

Para un buen desarrollo de la lombriz, hay que mantener controlada la humedad, regando el lecho con agua potable proveniente de canales cercanos, ríos, estanques o agua de lluvia, las veces necesarias a la semana, pero siempre evitando el exceso, pues un alto grado es perjudicial para la lombriz.

La prueba para medir el porcentaje de humedad en el sustrato se conoce como “prueba de puño”, la cual consiste en agarrar la cantidad del sustrato que se alcance con el puño de una mano; posteriormente se le aplica fuerza, la normal de un brazo, y si salen de 8 a 10 gotas es que la humedad está en el 80%, aproximadamente. El nivel de humedad óptima es del 82.5%. El lecho tiene que ser suave y estar bien aireado. Si está demasiado mojado, fallará la oxigenación indispensable para poder garantizar la supervivencia de las lombrices; además, se compactará y la abundancia de agua presente en el lecho, unida a la posible agua de lluvia, provocará el “lavado” (disolución) de una gran parte de las proteínas contenidas en el alimento y su salida por los agujeros del drenaje exterior (Mina, 2014).

2.7.2. Temperatura

La temperatura es otro de los factores que influyen en la reproducción, producción (humus) y fecundidad de las cápsulas. Una temperatura de 20 °C a 25 °C es considerada óptima, la cual lleva al máximo rendimiento de las lombrices. Cuando la temperatura desciende a 15 °C, las lombrices entran en un período de latencia, dejan de reproducirse, crecer y producir humus; además, se alarga el ciclo evolutivo,

puesto que los cocones (huevos) sólo eclosionan hasta que se presenten las condiciones favorables en el medio. Lo mismo sucede con la lombriz joven, la cual disminuye su crecimiento (Martínez y Ramírez, 2000).

2.7.3. Acidez

Es indispensable efectuar la prueba de acidez cada vez que se recibe una nueva partida de material orgánico, con la finalidad de controlar su envejecimiento y su estado de descomposición. Se utiliza papel tornasol o el potenciómetro para determinar el valor de la acidez o la basicidad del sustrato.

Para esta prueba se toma con la mano una muestra muy húmeda de estiércol; se introduce una tira de dicho papel en medio del estiércol y se mantiene la mano cerrada durante 20 a 30 segundos; luego se compara la coloración obtenida con la escala de colores que trae el empaque. El pH óptimo para este cultivo es de 6.8 a 7.5, casi neutro. Si el pH es ácido, se desarrollarán en el sustrato la plaga conocida comúnmente como planaria. (Arroyo, 2001).

2.7.4. Controles de luz

Las lombrices son muy sensibles a la luz, por lo que se sugiere la construcción del lombricultivo en un lugar que no esté directamente al sol, además de esto, se recomienda cubrir las camas, ya sea con hojas, pasto, lonas, etc. Evitando así la exposición directa y la muerte de estas (López y Díaz, 2019).

2.7.5. Control de oxígeno

Dentro del lecho debe existir un adecuado intercambio gaseoso, el cual está relacionado con la textura del sustrato. La presencia de material altamente compacto o los excesos de agua que saturan los poros del lecho producen una disminución de O₂, peligrosa para la supervivencia del animal.

Se aconseja evitar el uso de plásticos tanto en el fondo del lecho como de cubierta. Es aconsejable usar como protectores materiales como costal, paja, hojas de plátano, entre otros (Bollo, 2001).

2.7.6. Manejo genético

Debido a que la lombriz más productiva y rentable es un híbrido, su manejo genético debe ser muy cuidadoso al refrescarla permanentemente de sangre, para evitar una baja sensible de la reproducción y producción. Manejos consanguíneos cerrados no son recomendables; debe, por tanto, adicionarse por m² de lecho sembrado, aproximadamente cada cuatro meses, un kg de lombriz madura sexualmente, de línea diferente no consanguínea con la que se encuentra sembrada (Agropecuario,2002).

2.7.7. Riego

Se debe aplicar de manera uniforme, para lo cual se recomienda el uso de micro aspersores o cualquier otro elemento que distribuya el agua en forma de llovizna fina.

Cubrir el lecho con sombrajos (hojas de plátano o palma en clima cálido, y con costales en clima frío) o malla semipermeable beneficia el cultivo porque los protege de la depredación de los pájaros, proporciona sombra en los meses calurosos y evita la evaporación, manteniéndose la humedad constante dentro del lecho (Olivares-Campos *et al.*, 2012).

Cuando las condiciones no son óptimas, las lombrices presentan un comportamiento denominado “estivación”, caracterizado porque cesan de alimentarse y reproducirse; vacían sus estómagos, formando una masa entre ellas en el fondo de la cama y excretan mucus para mantenerse húmedas. La “estivación” es la forma extrema de indicar que no están recibiendo el tratamiento adecuado. (Capistrán *et al.*, 2001).

2.7.8. Suministro de alimento

El alimento se suministra en capas verticales y horizontales; esta última forma es la más aconsejable, ya que permite que las lombrices se desplacen en búsqueda del alimento dejando atrás el humus, lo que facilita su recolección.

El sustrato se extiende sobre el lecho con ayuda de un rastrillo, en una capa cuyo espesor debe oscilar entre 5 y 10 cm, sobre toda la superficie del módulo, teniendo cuidado de dejar un cinturón perimetral de 10 a 15 cm de anchura sin alimentación. Dichas áreas laterales constituirán un elemento de seguridad en caso de que el alimento en cuestión fuera rechazado por las lombrices o sufriese fermentaciones no deseables.

Las lombrices se alimentan netamente de materia orgánica en estado de descomposición y no de materiales frescos, que se encuentre humedecida con más del 30 % de humedad, que le permitirá o ingerir (Soto, 2003).

Para comer, la lombriz, chupa la comida a través de su boca, denominada probóscide, en el estómago unas glándulas especiales segregan carbonato cálcico, que neutraliza los ácidos presentes en la comida ingerida (Cabrera, 2006).

2.7.9. Cosecha y movilización de la lombriz a otras camas

En el lombricultivo la cosecha consiste en la separación de humus y lombrices, llevando a estas últimas a nuevas camas o para ser utilizadas en la elaboración de subproductos.

La cosecha de humus se realiza cada dos o tres meses, según el tamaño del lecho y la voracidad de las lombrices. Antes de cosechar, es recomendable dejar de suministrar alimento a las lombrices durante cuatro días y posteriormente colocar la malla plástica con ojos o espacios suficientes para el paso de la lombriz (Hernández y Roa 1998).

La malla plástica se coloca en la parte superior del lecho, a lo largo del sustrato, con suficiente cantidad de alimento preparado; las lombrices, al no haber consumido alimento fresco durante los 4 días anteriores, ascienden buscando el nuevo

sustrato: primero pasan las más adultas y luego las más jóvenes (Hernández y Roa 1998).

Unas lombrices jóvenes y larvas quedan en el humus. Posterior a esto se retira la malla a los cinco o siete días, recolectando la mayor cantidad de lombriz, y con este material se procederá a sembrar las nuevas camas de la misma forma como se sembró en la primera.

Cuando la lombriz se ubica en áreas limitadas tipo módulo y sobrepasa la población por m², el tamaño de ella tiende a disminuir, por tanto, la sobrepoblación se evita extrayendo a la lombriz metódicamente para dedicarla a otros usos (alimentación animal). Así, se mantiene estable el rendimiento en la producción de humus al 82.5% de humedad, se deja reposar un tiempo hasta que disminuya la humedad y pueda cribarse. El humus se almacena en sacos que tengan suficiente aireación o se extiende sobre la superficie de un plástico o piso, y bajo sombra, se deja que la humedad relativa baje hasta el 40% a 50% para conservar la actividad microbiana, la cual le da la calidad al humus como uno de los mejores fertilizantes orgánicos del mundo (Legall, 1995).

El humus se tamiza separando las partículas más finas de las más gruesas. Se recomienda pasar por una zaranda gruesa para «desterronar» a fin de presentar un producto de mejor aspecto. (INFOAGRO, 2003).

2.8. Plagas

El principal enemigo de la lombriz es el propio ser humano, el cual utiliza productos como antiparasitarios, insecticidas y abonos químicos que eliminan la fauna del suelo y entre ésta, a la misma lombriz. Otros depredadores de estos anélidos son diversos animales que habitan dentro del suelo o que construyen cuevas subterráneas (Agropecuaria, 2002).

2.8.1. Topos

El topo es un mamífero insectívoro de pelo negro, ojos pequeños y casi invisibles, que vive en galerías subterráneas donde se alimenta de gusanos y larvas. Es uno de los enemigos más feroces de las lombrices. Para su control, no deben usarse topicidas ni venenos, pues un topo muerto por envenenamiento, dentro del lecho, matará todas las lombrices que comen su carne en descomposición. Se recomienda colocar trampas para topos en las zonas más importantes de acceso, a lo largo de todo el perímetro del terreno destinado a la producción, o colocar una tela metálica tupida enterrada a una profundidad no inferior de 50 cm a 60 cm y una altura mínima de 30 cm (García *et al.*, 2013).

2.8.2. Ratas y ratones

Aunque no devoran lombrices, es otra plaga muy peligrosa para el cultivo, ya que se sienten atraídos por los desechos de comida que usualmente se colocan en los lechos para ser degradados por las lombrices. Además, los ratones y ratas pueden utilizar las camas como nidos. Estos roedores se pueden controlar manteniendo la humedad alta, o sea, en 80 %, y procurando conservar limpias las instalaciones. No se recomiendan los venenos, pero sí las trampas y el uso de diversos tipos de estiércoles, como los de bovino, ovino, caprino y conejaza. Otro repelente efectivo son las hojas de saúco (García *et al.*, 2013).

2.8.3. Serpientes

Son carnívoras, y las lombrices en cautiverio son su principal fuente alimenticia; se recomienda el empleo de mallas en la base, laterales y superficiales para evitar su ingreso en el lecho (Morales, 2011).

2.8.4. Aves

Casi todas son carnívoras y buscan las lombrices por la facilidad con que pueden capturarse. Se recomienda cubrir el lecho con sombrajos o con redes antigranizo, las cuales se colocan directamente sobre el lecho (Castro y López, 2004).

2.8.5. Artrópodos

No atacan directamente a la lombriz, pero se alimentan de las grasas y azúcares presentes en los alimentos suministrados a las lombrices son los ciempiés y los insectos, entre éstos las hormigas.

- Ciempiés: pueden atacar a las lombrices y causarles daño; para controlar estos artrópodos, el lombricultor deberá exterminarlos uno por uno, cada vez que los detecte en los lechos o en sus cercanías.
- Hormigas: la hormiga es atraída principalmente por el azúcar que la lombriz produce al momento de deslizarse por debajo del sustrato. Puede controlarse sin necesidad de químicos, y se recomiendan las siguientes medidas:
 - Antes de instalar el lombricultivo se debe revisar la zona aledaña para asegurarse de que no hay hormigueros cerca.
 - Mantener una humedad del 80 % en las camas; la presencia de hormigas indica que la cama requiere mayor humedad.
 - Colocar canales de agua alrededor de las camas, para evitar el paso de las hormigas. Estos canales tendrán un ancho de 10 cm y una profundidad de 5 cm, y deberán localizarse a 15 ó 20 cm del borde de los lechos.
 - Impregnar las bases de los lechos aéreos con aceite quemado (González y Nieto-Rosales, 2012).

2.8.6. Planaria

La plaga de mayor importancia dentro de los criaderos de lombrices es la planaria, un gusano plano (platelminto) que puede medir de 5 a 50 mm, de color café oscuro, con rayas longitudinales de color café. La planaria se adhiere a la lombriz por medio de una sustancia cerosa que el platelminto produce; posteriormente, introduce en la lombriz un pequeño tubo de color blanco por el que succiona todo el interior de la lombriz hasta matarla. Esta plaga se controla con manejo del sustrato, regulando el pH en 7.5 a 8, mediante la aplicación de carbonato de calcio o compuestos azufrados. En pH ácidos, la planaria se desarrolla y comienza su actividad de depredador natural de lombrices. Se recomienda no usar estiércoles viejos y, si hay plaga, dar de comer a las lombrices estiércol con 10 días de fermentación (Rovesti, 2003).

2.9. Enfermedades

Las lombrices no transmiten ni padecen enfermedades, pero le afecta un síndrome en especial, conocido como "Gozzo ácido", el cual es un síndrome proteico, que ataca su sistema digestivo, provocando inflamaciones en todo el cuerpo y finalmente la muerte. Este síndrome es provocado por la ingestión de residuos orgánicos con un alto nivel de proteína, por ejemplo, las legumbres. Por esto es necesario llevar el control del porcentaje C/N que se le debe de suministrar a las lombrices, el cual debe ser 60% - 40% (López y Díaz, 2019).

2.10. Productos finales

Existe una gran variedad de productos que pueden obtenerse de la lombricultura, los cuales se emplean como fuente de nutrientes tanto para el suelo, las plantas, así como para la alimentación animal y humana.

2.10.1. Humus

Corresponde a las deyecciones de las lombrices. Es una mezcla de color oscuro, con sustancias amorfas coloidales que son estables a la descomposición microbiana. El humus o abono orgánico posee una rica flora bacteriana (100 %), y cada gramo contiene aproximadamente dos billones de colonias de bacterias vivas y activas (Martínez, 2000). Un análisis químico del humus de lombriz se puede apreciar en la siguiente tabla. (tabla 1).

Tabla 1. Análisis químico del humus.

Concepto	Cantidad (%)
Materia orgánica	65 a 70
Humedad	40 a 45
Nitrógeno	1.5 a 2
Fósforo (P ₂ O ₅)	2 a 2.5
Potasio (K ₂ O)	1 a 1.5
Relación C/N	10 a 11
Ácidos húmicos	3.4 a 4
Flora bacteriana	40 x 10 ⁶ colonias por gramo

Las lombrices de tierra consumen residuos animales y vegetales en proceso de descomposición, es decir, pre digeridos por microorganismos especializados: bacterias, hongos y otros. Éstos degradan las proteínas y la celulosa,

transformándolas en sustancias más simples y de fácil asimilación. También, se nutren con diminutos hongos y, por supuesto, los antibióticos que se encuentran en ellos le sirven al animal para inmunizarse y para crecer (Legall, 1995).

Cuando la lombriz elimina mediante la excreción las moléculas de estos antibióticos, dejará una masa bacteriana antibiotizada, de compuestos bioestimulantes que estaban contenidos en el citoplasma de los hongos y microorganismos fúngicos en disminución (Melgarejo *et al.*, 1997).

Ecológicamente, la utilización de las lombrices puede dirigirse, a la degradación de sustancias, como residuos de fangos (lodos) de depuración, urbana o industrial. El humus obtenido en este proceso es de baja calidad, pues la cantidad de flora bacteriana presente es mínima; además, es parcialmente tóxico y contenidos de mercurio y plomo (Martínez, 2000).

El humus de lombriz proveniente de materia orgánica tiene una duración ilimitada; además, al suministrarse en dosis excesivas, no quema ninguna planta. Influye en forma efectiva en la germinación de las semillas y en el desarrollo de las plantas pequeñas. El lombricompost aumenta notablemente el porte de las plantas, árboles y arbustos en comparación con otros ejemplares de la misma edad (Ornelas y Moreno, 2013). Un cuadro comparativo entre el humus de lombriz y abonos no orgánicos se muestra a continuación demostrando que es una opción más viable para cualquier producción. (tabla 2).

Tabla 2. Cuadro comparativo entre humus y abonos no orgánicos.

	Humus (abono orgánico)	Abonos no orgánicos
Dosis de aplicación	A mayor cantidad, mayor beneficio.	En dosis excesivas, hay graves perjuicios.
Vencimiento	Cuanto más viejo, más nutritivo.	Tiene corta vida útil.
Acidez/alcalinidad	Lleva el pH del suelo hacia lo neutro (pH 7).	Acidifica o alcaliniza el suelo, según la sal usada.

Estructura del suelo	del	Hace el suelo más suelto y mejora la aireación.	Genera apelmazamiento del suelo.
Nutrientes		Están equilibrados.	Hay poco aporte de micronutrientes.
Beneficios		A corto, mediano y largo plazo.	A corto plazo, hay mejoras. A mediano y largo plazo el suelo se debilita y se hace dependiente de nuevos aportes.
Microorganismos		Aporte de millones de microorganismos beneficiosos.	No aporta y por cambios de pH se desarrollan los microorganismos perjudiciales.
Ecología		El abono es producto del reciclaje de desperdicios urbanos y agrícolas.	Produce desertificación del suelo y contaminación del agua.
Costo		Mayor costo al iniciar el abono, pero disminuye con el tiempo.	Es barato, pero se hace dependiente de continuas aplicaciones.

En plántulas germinadas en sustratos con humus, después del trasplante se previenen enfermedades y se evita el “shock” por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad. El humus puede usarse sin inconvenientes en estado puro y se encuentra libre de nematodos (Ornelas y Moreno, 2013). Las dosis recomendadas para la utilización del humus de lombriz se muestran a continuación. (tabla 3).

Tabla 3. Dosis recomendadas de humus.

Tipo de planta	Cultivos nuevos	Mantenimiento anual
Árboles	2-3 kg mezclado con la tierra	1 kg
Rosales y leñosas	500 g mezclados con la tierra	1 kg/m ²
Césped	1 kg/m ²	500 g/m ²
Plantas de interior	Mezcla al 50 % con la tierra de cultivo	4 cucharadas por maceta
Orquídeas	Mezcla al 10 % con la tierra de cultivo	1 cucharada por maceta
Bonsáis	No es conveniente	

El humus es un abono rico en hormonas, sustancias producidas por el metabolismo secundario de las bacterias, las cuales estimulan los procesos biológicos de la planta. Estos “agentes reguladores del crecimiento” son:

- La auxina: provoca el alargamiento de las células de los brotes, incrementa la floración, la cantidad y dimensión de los frutos.
- La giberelina: favorece el desarrollo de las flores, la germinación de las semillas y aumenta la dimensión de algunos frutos.
- La citoquinina: retarda el envejecimiento de los tejidos vegetales, facilita la formación de los tubérculos y la acumulación de almidones en ellos (Ortiz *et al.*, 2010).

El humus está compuesto principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno y, en menor proporción, por elementos minerales que varían en cantidad, según las características químicas que los originaron. Cumple un papel importante, al corregir y mejorar las condiciones químicas, físicas y biológicas de los suelos, en el que influye de la siguiente manera (Durán y Henríquez, 2007):

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización, en especial nitrógeno.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón.
- Inactiva residuos de plaguicidas por su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan las plantas.

- Por altos contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos, mejora las características químicas del suelo.
- Mejora la estructura al darles soltura a los suelos pesados y compactos y liga los suelos sueltos y arenosos; por consiguiente, mejora su porosidad.
- Mejora la permeabilidad y ventilación.
- Reduce la erosión del suelo.
- Incrementa la capacidad de retención de energía calorífica.
- Permite aumentar la capacidad de retención y disponibilidad de nutrientes y agua, utilizados por las plantas, debido a que tiene una gran capacidad de intercambio de cationes (fluctúa entre 150 y 350 meq/100 g).
- El humus es fuente de energía, la cual incentiva a la actividad microbiana.
- Al existir unas condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana.

2.10.2. Carne y harina de lombriz

La carne de lombriz tiene un alto contenido de proteínas (62 % a 82 %) y una buena composición de aminoácidos esenciales, superando a la harina de pescado (61.3 %) y a la de soya. La harina de lombrices ha sido utilizada en ensayos de alimentación de peces, aves y otros animales domésticos, incluso en la alimentación humana; también se ha desarrollado experimentos en la alimentación de cerdos, cuyo resultado ha sido una mejor conversión alimenticia frente a los alimentos tradicionales.

Experiencias locales dicen que suplementando gallinas de patio con tres lombrices diarias se logra un aumento significativo en la producción de huevos.

En pollo de engorde alimentado con dietas a base de harina de lombriz, se disminuye el consumo diario y gana igual peso/día frente a los alimentos usuales.

En experimentos realizados en patos mantenidos con lombriz de tierra, éstos consumieron 13 % menos alimento y ganaron el mismo peso que los alimentados con concentrado: los patos alimentados con lombrices maduraron 15 días antes que los otros. Los altos requerimientos proteicos de la codorniz son suministrados por la

lombriz de tierra, lo que permite una óptima producción de huevos por esta ave. Una composición química existente de la harina de lombriz se puede apreciar en la siguiente tabla. (tabla 4).

Tabla 4. Composición química de la harina de lombriz (% en materia seca)

Muestra*	Materia seca	Proteína bruta	Lípidos
1	13.44	65.80	16.90
2	15.5	67.15	11.33
3	16.67	64.39	9.37
Promedio	15.20	65.78	12.53

2.11. Comercialización y mercadeo

Antes de iniciar el cultivo de las lombrices, es necesario realizar un estudio de mercado para determinar el comportamiento del producto que se quiere comercializar. Aspectos como la oferta y la demanda ofrecen una base importante para definir si es viable o no su producción; el precio, el lugar de venta, la publicidad, la cual incluye la promoción y la calidad de los productos ofrecidos en el mercado, son indispensables para determinar si el producto que se va a producir y comercializar es competitivo en el mercado (Quintero y Sánchez, 2006).

2.11.1. Estudio económico

El capital invertido inicialmente para establecer un lombricultivo se revaloriza solo. Esto se determina llevando una pequeña contabilidad que registre: costos de inversión de equipos y materiales; costos anuales de producción, que incluye costos fijos como el transporte, los servicios públicos, la depreciación de la maquinaria, etc.; y costos variables, como la mano de obra, la alimentación, la semilla (lombriz inicial), los empaques y suministros, la propaganda, entre otros.

Los ingresos de producción (venta de lombriz, humus o ambos), dimensionados al primer año, permiten realizar un estado de pérdidas y ganancias y establecer el punto de equilibrio, a partir del cual se comienzan a tener ganancias sobre el capital invertido. En este tipo de producción, el tiempo para llegar al punto de equilibrio es corto, y se obtienen ganancias a los pocos meses de haber iniciado (Quintero y Sánchez, 2006). Los mercados para la lombricultura son diversos por los diferentes productos que se pueden obtener de ella, se pueden apreciar en la siguiente tabla. (tabla 5).

Tabla 5. Mercados para la lombricultura

Humus	Carne de lombriz	Lombriz viva	Harina de lombriz
<ul style="list-style-type: none"> • Viveros • Parques • Hipermercados • Consumidor final • Campos de golf • Áreas de reforestación • Agricultura • Cultivos orgánicos • Cultivos bajo cubierta • Cultivos hidropónicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Cría de ranas • Cría de truchas • Establecimientos avícolas • Cría de lagarto overo • Peces de acuario 	<ul style="list-style-type: none"> • Carnadas para pesca • Núcleos para iniciar lombriciarios • Mejoramiento del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentos balanceados • Embutidos y conservas • Hamburguesas • Salchichas • Prensados • Jamones

III. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación del experimento

La investigación se desarrolló en las instalaciones de la Dirección General de Desarrollo Sustentable (DGDS) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, la cual se encuentra en el municipio de Cuernavaca, y está ubicada al norte del Estado de Morelos a 18°59'06.28" N y 99°14'13.71" O. altitud de 1892 msnm. Su localización está próxima al bosque de pino-encino que pertenece al Corredor Biológico Chichinautzin (García, 1989).

3.1.1. Clima

Existen en el municipio de Cuernavaca dos tipos de climas predominantes, siendo éstos el clima templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad C(W2), el cual se localiza en la parte norte del municipio y abarca el 40.59 % de su superficie y el clima semi cálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media ACW1, ocupa el 54.57 % del territorio municipal y se localiza en el área urbanizada (García, 1989).

3.1.2. Temperatura

La temperatura media anual es de 21.1 °C. En los últimos 15 años la temperatura ha variado, al presentar una leve disminución en invierno y en primavera ocasionando un clima más extremoso; esto es motivado por el constante crecimiento del área urbanizada y por la disminución de áreas verdes y de arroyos en la zona (Taboada *et al.*, 2009).

3.2. Materiales

Dentro de las instalaciones de la Dirección General de Desarrollo Sustentable de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, se acondicionó un espacio techado con 7 pilas de 4 m de largo X 1.5 m de ancho y 0.5 m de profundidad y una pila de 3 X 1.5 X 0.5, con una capacidad de 3 m³ y 2.25 m³, dando un total de 23.25 m³.

3.3. Acondicionamiento de pilas

Se limpió toda el área de trabajo y se organizaron las fechas de realización de pre-compostas para que coincidan con las fechas de alimentación de las lombricompostas y poder crear un ciclo productivo.

3.4. Recolección de residuos orgánicos

Los residuos orgánicos son recolectados de cada uno de los establecimientos de venta de alimentos ubicados en el campus Chamilpa de la UAEM, quienes llevan a cabo una separación de residuos orgánicos y son depositados en las instalaciones de la Dirección General de Desarrollo Sustentable, en el módulo de producción donde son colocados en la pila de 3 X 1.5 X 0.5, a la que se le quitaron la mayor cantidad de residuos plásticos y/o componentes perjudiciales para la lombriz antes de elaborar la pre-composta. (Figura 1).



Figura 1. Recolección de residuos orgánicos para la elaboración de la pre-composta.

3.5. Residuos orgánicos para elaboración de pre-composta

Los residuos orgánicos que se utilizaron fueron los siguientes: Cáscaras de naranja, plátano, tomate, limón, huevo, tortillas, papaya, zanahoria, papa, chayote, sandía, lechuga, acelga, jícama, cilantro, pepino, jitomate, betabel, café molido, cartón, papel, estiércol de borrego y hojarasca.

3.6. Pre-compostaje de residuos

Los residuos recolectados se depositan en la pila a manera de capas, alternando material seco con material fresco por un periodo de 3 semanas, a este periodo se le denomina etapa de pre-compostaje es aquella en la que se superan las máximas temperaturas de la etapa termófila y que ya comienza a reducir la temperatura del proceso, este proceso debe realizarse antes de que pueda considerarse un alimento para lombrices adecuado (Figura 2).



Figura 2. Preparación de pre-composta.

La aplicación al suelo de residuos orgánicos frescos (sin compostar) tienden a producir toxicidad en las plantas, debido principalmente a la inmadurez e inestabilidad de la materia orgánica (M.O) existente y al contenido de sustancias fitotóxicas de naturaleza orgánica (Acosta *et al.*, 2013).

Por tal motivo fue necesario someter a pre-compostaje los residuos orgánicos durante un periodo de 21 días, adicionarles agua y oxigenarlos por el método de volteo por lo menos una vez a la semana (Figura 3).



Figura 3. Oxigenación de la pre-composta por el método de volteo.

3.7. Establecimiento del experimento

La presente investigación se llevó a cabo durante el periodo comprendido del 20 de febrero al 15 de mayo, para la lombricomposta se destinaron cuatro pilas de cemento de 4 m de largo X 1.5 m de ancho y 0.5 m de profundidad, depositando en cada una de ellas una capa de material orgánico pre-compostado con una altura aproximada de 10 – 15 cm.

3.8. Elaboración de la lombricomposta

El procedimiento de elaboración de lombricomposta para ser utilizada como un fertilizante orgánico implica pre-compostar, alimentar, regar, oxigenar y monitorear el comportamiento de las lombrices, se realizó por un periodo de 105 días, posteriormente se colocaron “trampas” de comida para poder extraer a las lombrices de las pilas, se esperó a su maduración total y pérdida de humedad para poder cernir y así obtener un producto final de calidad que pueda ser utilizado como abono de las áreas productivas de la Dirección General de Desarrollo Sustentable (DGDS) de la UAEM.

La investigación se llevó a cabo en etapas, las cuales se enuncian a continuación:

Etapas de pre-composteo:

1. La primera etapa se inició el día 20 de febrero del 2019 se llevó a cabo el primer pre-composteo con un volumen total de 745.29 kg de residuos orgánicos frescos **(Figura 4)**.



Figura 4. Primer proceso finalizado de la pre-composta.

2. La segunda etapa de pre-composteo se realizó el día 13 de marzo agregando 745.29 kg de residuos orgánicos frescos (**Figura 5**).



Figura 5. Elaboración del segundo proceso de la pre-composta.

3. La tercera etapa de pre-composteo se realizó el día 24 de abril, colocando 745.29 kg de residuos orgánicos frescos (**Figura 6**).



Figura 6. Oxigenación en el tercer proceso de pre-composta.

4. La cuarta y última etapa de pre-composteo se realizó el día 15 de mayo con un total de 958.27 kg de residuos orgánicos frescos (**Figura 7**).



Figura 7. Elaboración de la cuarta y última etapa de pre-composta.

Etapas de lombricomposta:

La primera etapa se estableció el 13 de marzo para lo cual se colocaron 130.41 kg de pre-composta en cada una de las cuatro pilas que se asignaron para este experimento, haciendo una capa de aproximadamente 10 cm, se sembraron las lombrices rojas californianas, se inició humedeciendo con un riego ligero cuidando que no se encharcara y se cubrieron con un plástico de color negro las cuatro pilas para mantener la humedad (**Figura 8**).



Figura 8. Siembra de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en la primera etapa de este experimento.

La segunda etapa se llevó a cabo el 3 de abril, se alimentaron las pilas con 130.41 kg de pre-composta en cada una de ellas (**Figura 9**).



Figura 9. Alimentación de pre-composta para las lombrices.

La tercera etapa se efectuó el 24 de abril para lo cual se alimentaron las pilas con 130.41 kg de pre-composta cada una (**Figura 10**).



Figura 10. Pila de lombricomposta lista para ser alimentada.

La cuarta y última etapa se llevó a cabo el día 15 de mayo para lo cual se alimentaron las pilas con 167.74 kg de pre-composta cada una (**Figura 11**).



Figura 11. Pre-composta lista para ser utilizada como alimento de lombrices.

Es importante señalar que el día 10 de junio se colocaron “trampas” de comida para extraer a las lombrices de las pilas; sin embargo, fue hasta el 14 de junio que se retiraron las lombrices de las pilas y se les quitó el plástico para que la lombricomposta perdiera la humedad necesaria para poder cosechar y cernir el humus. Fue hasta el 28 de junio que se terminó de cernir y encostalar la lombricomposta, obtenida del experimento (**Figuras 12 y 13**).



Figura 12. Lombrices en la “trampa” de comida listas para ser extraídas.



Figura 13. Utilización de un cernidor manual para obtener humus de una granulometría fina.

3.9. Mantenimiento de pilas:

Durante el proceso de tratamiento de la lombricomposta de los residuos orgánicos de la UAEM, es necesario considerar los siguientes factores para asegurar un proceso eficiente como lo son el oxígeno y la humedad, por tal motivo cada día se monitoreó el comportamiento de la lombriz en este experimento, para lo cual se les proporcionó un riego semanal en las cuatro pilas quedando al 80 % de humedad, la oxigenación se logró al mover el material orgánico de cada una de las pilas lo cual se efectuó con un biello moviendo cuidadosamente las pilas, para no dañar la lombrices (**Figura 14**).



Figura 14. Monitoreo al comportamiento de la lombriz.

3.10. Riegos cada semana

A cada una de las cuatro pilas se les proporcionó un riego semanal, la finalidad fue mantener la humedad en un 80 % ya que se considera la ideal para lograr un buen proceso de lombricomposteo, garantizando con ello la obtención de una excelente lombricomposta (**Figura 15**).



Figura 15. Riego semanal a las lombricompostas.

3.11. Variables evaluadas

- Se pesó la cantidad de residuos orgánicos frescos a aplicar en cada una de las pilas de pre-compostaje.
- Se pesó la cantidad de residuos orgánicos pre-compostados que ingresó a las pilas de lombricomposta.
- Se pesó la cantidad de lombricomposta obtenida de los residuos orgánicos pre-compostados.
- Las tres variables anteriores se midieron usando una báscula marca “TORREY”, de 500 kilogramos.

- Se determinó la calidad del humus de lombriz obtenido mediante la realización de un análisis físico.

3.12. Toma de muestras

- En la presente investigación, se colectó un kilogramo de lombricomposta de cada una de las cuatro pilas de lombricomposta, la cual fue depositada en

una bolsa de plástico, a cada una de las cuatro muestras se le agregó una etiqueta en la que se le colocaron datos básicos de identificación.

- Las cuatro muestras de lombricomposta obtenidas de cada una de las pilas se analizaron en el laboratorio con base en la norma NMX-AA-180-SCFI-2018.
- Una vez que se obtuvieron los resultados de laboratorio de las muestras de la lombricomposta estos fueron analizados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Residuos orgánicos generados en la UAEM

Se obtuvieron 3,194.14 kg de residuos orgánicos frescos en un periodo de 63 días, esto permitió hacer una estimación de las cantidades de residuos orgánicos que se generaron por día, semana y mes de las cafeterías que llevan a cabo una separación de residuos orgánicos e inorgánicos en el campus norte de la UAEM. (Figura 16).

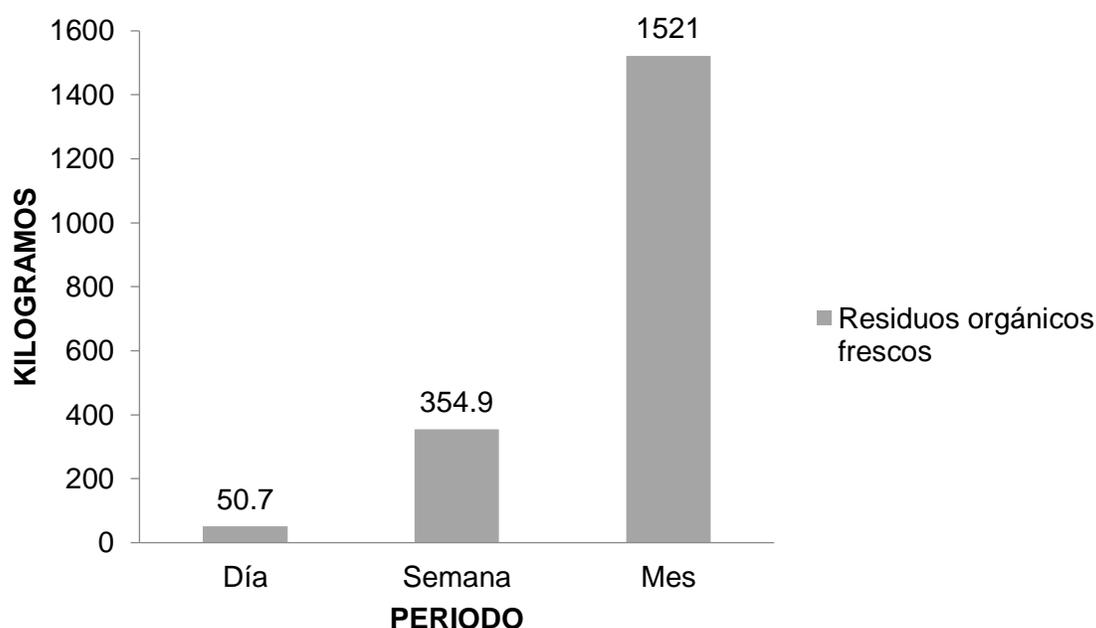


Figura 16. Estimación de las cantidades de residuos orgánicos que se generan por día, semana y mes en el campus norte de la UAEM.

4.2. Pre-composta generada en el módulo de producción de la DGDS

Se obtuvieron 2,235.9 kg de pre-composta en 84 días, esto permitió hacer una estimación de las cantidades de pre-composta que se generan por día, semana y mes en las instalaciones de la Dirección General de Desarrollo Sustentable de la UAEM (Figura 17).

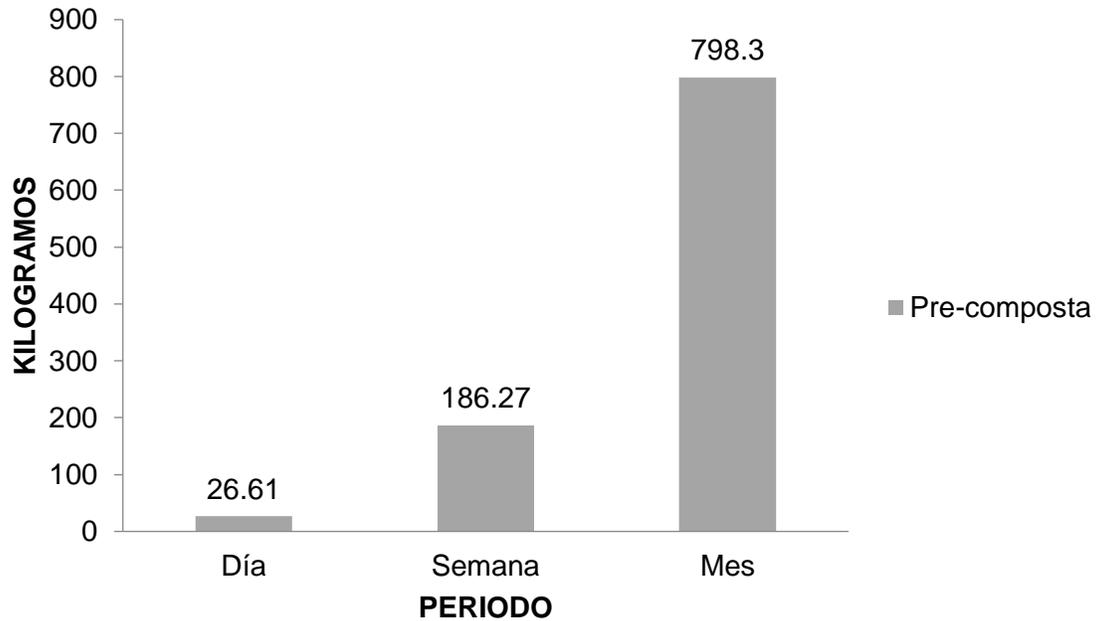


Figura 17. Estimación de las cantidades de pre-composta que se pueden generar por día, semana y mes en las instalaciones de la DGDS.

4.3. Lombricomposta generada en el módulo de producción de la DGDS

4.3.1. Rendimiento de la lombricomposta generada en el módulo de producción de la DGDS

A cada pila se le agregaron 558.9 kg de pre-composta y cada pila obtuvo 294.7 kg de lombricomposta, por las cuatro pilas que se usaron se obtuvieron 1,178.8 kg en 128 días que duro este experimento, esto nos indica un rendimiento del 52.72 %.

Agropecuario (2002), menciona que una lombriz consume diariamente una cantidad de residuos orgánicos equivalente a su peso: entre el 40 % y 50 % se convierte en abono y el resto lo utiliza en su metabolismo y para generar tejidos corporales. Esto quiere decir que el rendimiento de la lombricomposta generada en este experimento se considera óptimo y eficiente a pesar de que el 70% de los residuos orgánicos que se utilizaron para su alimentación fueron cítricos.

Los resultados nos permiten hacer una estimación de las cantidades de lombricomposta que se pueden generar por día, semana y mes en las instalaciones de la Dirección General de Desarrollo Sustentable de la UAEM (**Figura 18**).

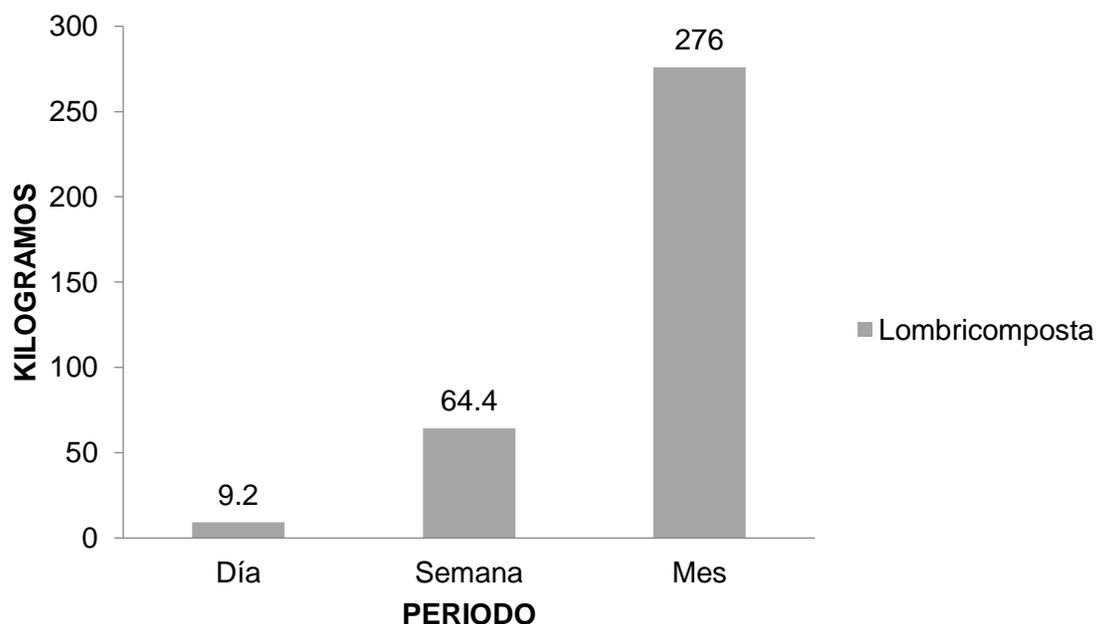


Figura 18. Estimación de las cantidades de lombricomposta que se pueden generar por día, semana y mes en las instalaciones de la DGDS.

La NMX-AA-180-SCFI-2018 establece tres grados de calidad de la lombricomposta (Extra, Primera y Segunda) y se definen en función de sus atributos presentados.

Tabla 6. Grados de calidad física de la lombricomposta:

Atributos	Extra	Primera	Segunda
Material mineral extraño (% sobre materia seca p/p)	De 0.0 % a 2.0 %	De 2.01 % a 4.0 %	4.1 % a 6.0 %
Material orgánico no digerido por las lombrices (% sobre materia seca p/p)	De 0.0 % a 3.0 %	De 3.1 % a 6.0 %	%De 6.1 % a 10.0 %
Impurezas % Vidrio y fragmentos metálicos,	< 0.5 %	De 0.51 % a 1.0 %	De 1.01 % a 2.0 %

plásticos, roca y arena)			
Semillas viables (semillas L-1)	≤ 1	>1 - ≤ 1.5	> 1.5 - ≤2
Lombrices vivas (lombrices L-1)	< 0.2 (una por cada 5 L)	0.2 (una por cada 5 L)	0.4 (dos por cada 5 L)
Color	Todos los colores entre el negro a café oscuro, de acuerdo a la tabla de colores Munsella		
Olor	Agradable a tierra húmeda de bosque (monte). Quedan excluidos: amoniacal, pudrición, H ₂ S (Huevo podrido), ácidos grasos volátiles (vómito) y excremento		

En el producto final obtenido solo varió el grado de calidad física de la lombricomposta después de ser cernido.

Tabla 7. Lombricomposta obtenida en este experimento:

Lombricomposta				
Pilas	Calidad "extra"	%	Calidad "segunda"	%
Pila 1	133.79 kg	23.94	160.91 kg	28.78
Pila 2	111.77 kg	19.99	182.93 kg	32.73
Pila 3	145.72 kg	26.08	148.98 kg	26.64
Pila 4	118.76 kg	21.25	175.94 kg	31.47
TOTAL	510.04 kg	43.27	668.76 kg	56.73

En el cuadro anterior y con base en la norma mexicana NMX-AA-180-SCFI-2018, se puede ver que, en la presente investigación, la calidad física de la lombricomposta obtenida en la investigación fue muy buena ya que el 43.27 % correspondió a la categoría de extra y el 56.73 % a la de segunda, es importante señalar, que de acuerdo a la norma el porcentaje obtenido se considera como excelente.

Por otra parte, durante la recepción de residuos orgánicos se observaron restos de comida previamente cocinados, esto puede afectar el proceso de pre-composta porque se genera una presencia de larvas de moscas que pueden ser vectores de enfermedades. Durante las etapas de elaboración de pre-composta se observó que la medida más eficiente para su elaboración es 60 % de residuos orgánicos frescos

con un 40% de residuos o material seco, esto para equilibrar la relación de C/N y humedad desde el inicio. También se identificó una cantidad considerable de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) las cuales coadyuvaron al proceso de la pre-composta como alimento para las lombrices.

Es importante destacar que durante la época de lluvias se tuvieron algunos problemas inesperados ya que el agua entraba de lado afectando algunas pilas ya terminadas y que se encontraban en el proceso de perder humedad para poder cernirlas; sin embargo, se solucionó dicho inconveniente, dividiendo el humus en otras pilas de esta manera perdieron la humedad necesaria de una forma incluso más rápida, que permitió concluir la investigación.

Los riegos deben de hacerse a modo de aspersión, sin que la presión sea demasiado fuerte, esto para evitar encharcamientos y estrés en la lombriz. Durante los riegos semanales a las pilas de lombricomposta se observó que es en los bordes donde se pierde mayor cantidad de humedad, esto puede ser un problema ya que si no se tiene un control adecuado puede haber presencia de alacrán marrón del centro (*Vaejovis mexicanus*), esto debido a la posición geográfica donde se encuentra el módulo de producción y a las condiciones edafoclimatológicas del lugar.

Finalmente, es importante destacar, que durante las etapas de la lombricomposta en ningún momento se identificó la presencia de planaria (plaga de mayor importancia dentro de los criaderos de lombriz), en la investigación lo que permitió concluir el experimento sin ningún ataque de plagas. También durante el monitoreo diario al comportamiento de la lombriz en ningún momento se identificó el comportamiento denominado “estivación”, lo cual indica que se les dio un tratamiento adecuado, asimismo, en el proceso de alimentación de las lombrices, en ningún momento se identificó el “síndrome proteico”, lo cual indica que se les dio una alimentación adecuada.

V. CONCLUSIONES

El aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos mediante la actividad de *Eisenia foetida* presentó como resultado una lombricomposta de excelente calidad y con un óptimo rendimiento para ser utilizada como abono orgánico, pese a que aproximadamente el 70 % de los residuos fueran cítricos (material que muchos autores no recomiendan para la lombricomposta) las lombrices no presentaron signos de estrés, demostraron que es posible usar cualquier tipo de residuo orgánico, siempre y cuando pase por un proceso de pre-composteo para su alimentación.

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta-Durán, C. M., Solís-Pérez, O., Villegas-Torres, O. G., & Cardoso-Vigueros, L. (2013). Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. *Agronomía costarricense*, 37(1), 127-139.
- Agropecuário, M. (2002). Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Biblioteca del Campo. Editorial Comarpe, CA Internacional. Bogotá, Colombia, 481-502.
- Alonso Peña, J. R. (2014). *Compost de lombrices*. Mundi-Prensa Libros.
- Alvarado López, A., & Díaz García, E. J. (2019). Diseño de un lombricultivo para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad Tecnológica.
- Arenas Osorno, C. Y. (2017). Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos en el Centro Educativo Rural Josefa Romero, Municipio de Dabeiba.
- Arroyo, G. F. (2001). Manual de lombricultura. Centro de Investigación y Capacitación Rural A.C. Xochimilco, México. p. 4 – 6.
- Bollo, E., (2001). Lombricultura, una alternativa de Reciclaje segunda edición quinto Ecuador. p. 56 – 57.
- Cabrera, J. (2006). Manual de lombricultura. Cochabamba, Bolivia: Magicolor.
- Cañari, C. (2002). "Manual Técnico de Lombricultura". Huancayo: INIA. 20 Pág.
- Capistrán F., Aranda E. & Romero J. C. (2001). Manual de Reciclaje, Compostaje y Lombricompostaje. Instituto de Ecología. México D.F. p 149.
- CCA (2017), Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte, informe sintético, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, 52 pp.
- Compagnoni, L., & Putzolu, G. (2018). *Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus*. Parkstone International.

- Corredor, R. & Darquea, G. (1985). La lombriz de tierra de cultivo y aplicación en la alimentación animal.
- De La Cruz Rodríguez, R. A. (2005). Aprovechamiento de Residuos Organicos a traves de Composteo y Lombricomposteo.
- Donahuet, L. (1977). Explotación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Editorial De Vecchi S.A. Barcelona España. 185 p.
- Durán, L., & Henríquez, C. (2007). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 31(1), 41-51.
- EGIREM. (2017). Estrategia de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Morelos.
- Fajardo, V. (2002). Manual Agropecuario. 1a ed. Bogotá, Colombia. Edit Limerín. pp. 481- 502.
- Ferruzi, C., (1994). Manual de Lombricultura. Editorial Mundi-Prensa. 1 E. D. Madrid, Esp. 138 p.
- Fuentes Sánchez, M. E., & Hernández Granera, J. M. (2008). *Proyecto: utilización de lombrices para la obtención de Lombrhumus en el Municipio de Managua, Comarca Las Jaguitas* (Doctoral dissertation).
- García, E. (1989) Modificaciones al sistema climático de Kóppen; UNAM, México, D.F. 35 pp.
- García, M. C., Espinosa, M. G. N., López, C. N. V., & López, J. V. (2013). Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana. *Estudios Agrarios*.
- González, G., & Nieto-Rosales, A. (2012). Guía técnica para la producción de lombricomposta. México: Centro de Investigaciones Biológicas.
- Hernández, J., & Roa, L. (1998). Efecto de tres estiércoles animal en la capacidad de reproducción de la lombriz roja *Eisenia ssp*. *Acta Científica Venezolana*, 49, 209.

- Hernández, J., & Roa, L. (1998). Efecto de tres estiércoles animal en la capacidad de reproducción de la lombriz roja *Eisenia ssp.* *Acta Científica Venezolana*, 49, 209.
- INFOAGRO. (2003). Agro información: La Lombricultura (en línea). México.
- Legall, J. (1995). Lombricultura. Estelí. Nicaragua. 22 p.
- Martínez C. & Ramírez F. (2000). Lombricultura y agricultura sustentable. Editorial Futura. México. 236 pp.
- Martínez, C. (2000). Lombricultura y agricultura sustentable: lombricultura, alternativa en la agricultura sustentable. 1 ed. México, DF, MX. p. 135-153.
- Melgarejo, M. R., Ballesteros, M. I., & Bendeck, M. (1997). Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales en humus de lombriz y composts derivados de diferentes sustratos. *Revista colombiana de química*, 26(2), 11-19.
- Mina, A. L. (2014). Manual de Lombricomposta.
- Miriam, M. G. (2003). Morfología de dos especies de lombrices de tierra *Eisenia foetida* y *Eudrilus eugeniae*.
- Montés De Oca Castro, L. M., & Ruíz López, M. Á. (2004). Manual para el manejo de instalaciones lombrícolas. México: Gobierno del Estado de México, Secretaria de Desarrollo Agropecuario.
- Morales-Munguía, J. C., Fernández-Ramírez, M. V., Montiel-Cota, A., & Peralta-Beltrán, B. C. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotechnia*, 11(1), 19-26.
- Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008, Humus de lombriz (Lombricomposta) - especificaciones y métodos de prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación 2008-06-10.

- Olivares-Campos, M. A., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J. L., & Ojeda-Barrios, D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y ciencia*, 28(1), 27-37.
- Ortiz, J. C. R., Osti, C., Jáuregui, J. A. A., Sánchez, L. B., Goné, J. D. J. T., Morales, C. V., & Hernández, J. L. G. (2010). Efecto de dosis y momento de aplicación de lombricomposta en la producción de cebollita cambray (*Allium cepa*). *Agrofaz*, 10(2), 99-106.
- Quintero, J., & Sánchez, J. (2006). La cadena de valor: Una herramienta del pensamiento estratégico.
- Romero, Mr. (2000). Lombricultura y agricultura sustentable: agricultura orgánica. elaboración y aplicación de abonos orgánicos. México, DF, MX. p. 125-134.
- Romero, R. V., & Chavarro, H. B. (2008). *Manual de Lombricultura*. Produmedios.
- Rovesti, L. (2003). Lombricultura. Manual Práctico. CU. 99 p.
- Ruiz Morales, M. (2011). Taller de elaboración de lombricomposta. México: Universidad Iberoamericana.
- Ruiz, M., & Acevedo, A. (2011). Uso de una estación experimental de lombricomposta para desarrollar experiencias multidisciplinarias a nivel universitario. *Formación universitaria*, 4(5), 21-28.
- Schuldt, M. (2006). *Lombricultura*. Mundi-Prensa Libros.
- Schuldt, M., Christiansen, R., & Scatturice, L. A. (2005). Pruebas de aceptación de alimentos y contraste de dietas en lombricultura. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 6(7).
- Soto, G. (2003). Abonos orgánicos: el proceso de compostaje. Taller de abonos Orgánicos.
- Taboada M., Granjeno C. A. y Oliver R. (2009). Normales climatológicas (temperatura y precipitación) del Estado de Morelos. Universidad Autónoma

del Estado de Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
Cuernavaca, Morelos.

Tinoco Ornelas, N., & Cortés Moreno, V. E. (2013). Producción orgánica sustentable integral, biointensiva con lombricultura. Fase II. Huertos biointensivos: fichas técnicas. Pátzcuaro, Michoacán: CREFAL.

Wilson, D. C., Rodic, L., Modak, P., Soos, R., Carpintero, A., Velis, K., ... & Simonett, O. (2015). *Global waste management outlook*. UNEP.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de Programa Educativo de Ingeniero Agrónomo en Horticultura e Ingeniería Hortícola



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, 03 de noviembre del 2020

MTRA. CLAUDIA GILES SÁMANO
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 19 de octubre del 2020, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **Elaboración de lombricomposta con residuos orgánicos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)**.

Que presenta el **C. ALONSO CABRERA RIVAS** pasante de la carrera de Ingeniería Hortícola, bajo la dirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA.**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO.**

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

Se adiciona página con la e-firma UAEM
del PITC de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

DR. HÉCTOR SOTELO NAVA

C.e. – Archivo.

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209.
Tel. (777) 329 70 46, 329 70 00, Ext. 3211 / fagropecuarias@uaem.mx



Una universidad de excelencia

RECTORIA
2017-2023



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

HECTOR SOTELO NAVA | Fecha:2020-10-20 21:23:10 | Firmante

AGb41dJlYr3bHwTtX/SVo85TMZzF Glg0R1xRhlaW5cSdeq1n8oEMIW9b6e1pFfPTX2xpOlZRMt49wq1hUs76vWCX4wGT79yJwY38aPjMSWbOJSFhNQP59rtzUQ9KTbsolZ8Uvok0XvJRWdraBXK74YcpHNPyprgOZSbWj8z4NKWArjlm+Ew3CcCchPIJr496QIK2OIVWuv/PNIICC4EioFEgN/+Y4SEI/OrbqJ2ZRe4d/Qnqqz84pm6mA8IBSWpakHIVTKq87P0+xGM81LbtVlmYKeF5wwhlBcTBpsVeer03EIRxVKoo35rmd1SU9ETTrQvMs59acG7bdr0Vg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



SfQrGw

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/8M5KzW2bxtSx0rx8vVwo7L6YSeZwBaI>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de Programa Educativo de Ingeniero Agrónomo en Horticultura e Ingeniería Hortícola



Cuernavaca, Morelos, 03 de noviembre del 2020

MTRA. CLAUDIA GILES SÁMANO
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 19 de octubre del 2020, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **Elaboración de lombricomposta con residuos orgánicos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)**.

Que presenta el **C. ALONSO CABRERA RIVAS** pasante de la carrera de Ingeniería Hortícola, bajo la dirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA.**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO.**

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

Se adiciona página con la e-firma UAEM
del PITC de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES

C.e. – Archivo.

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209.
Tel. (777) 329 70 46, 329 70 00, Ext. 3211 / fagropecuarias@uaem.mx



Una universidad de excelencia

RECTORIA
2017-2023



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES | Fecha:2020-10-26 10:39:52 | Firmante
anCfH5Tqa6j2/YZ+sCgYMTbHbnJc+kZblELcDdUj2afVgvsuH0xoPK5A7KrlFwbj63xx3njKv1yJOBkVRQe+s50mQ6D7bVFijK9eb7ogMvIEWHnhC5m3xFi/DINqUoShigSEpGL2je9X
xuAGt/VjYnBLiv4qqN/dlid6vVrPitaDvi1HBTtCtHJVhwj0138thepE2lyzVWR327hEVPdZs7HfnSPgyTlIRLKR09PzRdDWvsk7gxNHqNYXnyBpg3H5D03c6SQHzNIUkRyVL5+JrQg
EjBjxWzJ3r8tMviYppblRTZPUuGC8q8XqIRJ3GH TIKLSrRHp4re2vlchzV/o92A==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



gAMBIP

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/JBrLQOM39UxL4DrV8VrfKaQqBlyPB6ko>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de Programa Educativo de Ingeniero Agrónomo en Horticultura e Ingeniería Hortícola



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, 03 de noviembre del 2020

MTRA. CLAUDIA GILES SÁMANO
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 19 de octubre del 2020, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **Elaboración de lombricomposta con residuos orgánicos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)**.

Que presenta el **C. ALONSO CABRERA RIVAS** pasante de la carrera de Ingeniería Hortícola, bajo la dirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA.**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO.**

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

Se adiciona página con la e-firma UAEM
de la PITC de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

DRA. MARÍA ANDRADE RODRÍGUEZ

C.e. – Archivo.

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209.
Tel. (777) 329 70 46, 329 70 00, Ext. 3211 / fagropecuarias@uaem.mx



Una universidad de excelencia

RECTORIA
2017-2023



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARIA ANDRADE RODRIGUEZ | Fecha:2020-11-02 20:28:17 | Firmante

J8pQH5KvsgHBJxWzqe2qEISLbqnmL4HGPZwk3DDE1WCiLW+xUqusOVXxdnoSssd14x+wc02BsKT7tayfqe1HnRL80/U7+RCB9WHqMNHkKjihTaZFRqdRGqJzAcogUfgfw0
0uNhGaP4cW1F0WIXQCn80JHWKjSnw80dS47+7Ffd0bbkk6HwDLEW/1yL5IFAsoychSgC2+sUizbFN794UyV7q0aQeZGmL816G4fcPnENNKzrM8uOOgzWVa/bqVM2o8QKGP
KUVWI3pJk8T9qbNSQ4GK3QoBcRMD4owyG0XP5vFV/KdeSTyZK2CF5AngTGFhB/EM+4h7075v+KTi4pyw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



596KFD

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/nRlw6yZoYGStnv1EupvDajd7ABajamsw>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de Programa Educativo de Ingeniero Agrónomo en Horticultura e Ingeniería Hortícola



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, 03 de noviembre del 2020

MTRA. CLAUDIA GILES SÁMANO
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 19 de octubre del 2020, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **Elaboración de lombricomposta con residuos orgánicos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)**.

Que presenta el **C. ALONSO CABRERA RIVAS** pasante de la carrera de Ingeniería Hortícola, bajo la dirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA.**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO.**

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

Se adiciona página con la e-firma UAEM
del PITC de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ

C.e. – Archivo.

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209.
Tel. (777) 329 70 46, 329 70 00, Ext. 3211 / fagropecuarias@uaem.mx



Una universidad de excelencia

RECTORIA
2017-2023



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

PORFIRIO JUAREZ LOPEZ | Fecha:2020-11-04 06:52:28 | Firmante
oCnBJYj4Sppnx/c7PKSszrmuQF18BfcAjgVT2vqCvlycFHi4gppgh6CTFGLkIZns0TTiz3Gs8XIPTzrGivNsp69i46BTaUYut35JvV8+s+48kaXqillu0X77L1/n04vg/ZlkJywu3DE5qVDeN9ttmbhytyHMvin8TwwMX6g+nivrOb7lpayR9GbrzZazroT1nDyFE/fIKv9q47zgC6b7Q50HIRB1AjDy6MLF//2SjqN7Z9T2d/38kQglGQ3Hn2taBvvimyftLVRvNRply7k0S4+TRgILykKbjY4HzGmrfmFmtAZxPIHi0rBOe7ID4pt0pQ++WNEom65i6z30qow==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[KiteBk](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/wXIX5oHUWyM0NnJohdqIusxcAn2LAmJ>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de Programa Educativo de Ingeniero Agrónomo en Horticultura e Ingeniería Hortícola



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, 03 de noviembre del 2020

MTRA. CLAUDIA GILES SÁMANO
JEFATURA DEL PE DE IAH / IH
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE

En respuesta al oficio con fecha 19 de octubre del 2020, donde se me nombra miembro del jurado calificador del trabajo de tesis denominado: **Elaboración de lombricomposta con residuos orgánicos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)**.

Que presenta el **C. ALONSO CABRERA RIVAS** pasante de la carrera de Ingeniería Hortícola, bajo la dirección del **DR. HÉCTOR SOTELO NAVA.**, le comunico que el documento lo considero **APROBADO.**

Sin más por el momento, agradezco de antemano su valiosa colaboración y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Por una humanidad culta

Se adiciona página con la e-firma UAEM
del A. T. de la Dirección General de Desarrollo Sustentable

DR. JOSÉ DANIEL LÓPEZ GÓMEZ

C.e. – Archivo.

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209.
Tel. (777) 329 70 46, 329 70 00, Ext. 3211 / fagropecuarias@uaem.mx



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JOSE DANIEL LOPEZ GOMEZ | Fecha:2020-10-28 09:56:07 | Firmante
DonQQuecHMRK5vz8aTEsmRTam0ZTNfT3fN1L4Owm4C3qbvXtU5bw/H6ukXzXM3fUjyGxYsD5UImyQllsx9RD7dsKHEKWreOWaGCy21BMXdew1yddf04cnt++ggs04mBxWkix1/rfIS30JNZxo8kRJeHq9muMB4Nrimea2PkQam7yvSWX2pvXSolG9vQ98g5RiYmiNE0J1Qz2KVsgm2tNDCEMv7Yi6QR1TVPrRnBYmFm2bv0dJsFTdaKFxaGhUdQmJw6pD5Pwt/UvhadHmki8g5fvLM//SUQpsy/cq0bjcNWaoORGj7VraP/vOa4+WLYAT+Lfy0XF3GwFK3ZmhDwHA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



cZDn13

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/LFFCSz9M6IZjEkNTYpMRVbAj0VRQvTIV>



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023