



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC
LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA.

**DINÁMICA DE REPRODUCCIÓN DE *Eisenia fetida* L. ALIMENTADAS CON
COMPOST DE ESTIÉRCOL EQUINO Y DE ESTIÉRCOL BOVINO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA AGRÓNOMA ZOOTECNISTA**

**PRESENTA:
XOCHITL BENÍTEZ ARELLANO.**

**ASESORA:
DRA en CARN. FRANCISCA AVILÉS NOVA.**

TEMSCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO JUNIO 2022.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 La vermicultura o lombricultura	3
2.1.1 Importancia de la lombricultura.	4
2.2 Anatomía de la lombriz roja californiana <i>Eisenia fétida</i>	5
2.2.1 Clasificación taxonómica.	9
2.2.2 Características externas.	10
2.2.3 Características internas.	10
2.2.4 Sistema nervioso.	11
2.2.5 Sistema muscular.	11
2.3 Ciclo de vida y reproducción de <i>Eisenia fétida</i>	12
Figura 2. Ciclo de vida de la lombriz (Lombritec 2020).	13
2.4 Factores que influyen en la reproducción de la lombriz	13
2.5. Fuentes de alimento para la lombriz	15
2.5.1 Patologías.	15
2.5.2 Enemigos.	15
2.5.3 Coseche de lombriz.	16
2.6. Las heces o estiércoles pecuarios como fuente de Materia Orgánica reciclable	16
2.6.1 Estiércol bovino.	16
2.6.2 El estiércol equino como sustrato	17
2.6.3 Fuentes de materia orgánica.	18
2.7. Proceso de Compostaje.	18
2.7.1 Fases del compostaje	20
2.7.2 Tipos de compostaje.	22
2.8. Factores a considerar en la elaboración de una composta	24
2.8.1 Sustrato.	24
2.8.2 Temperatura	25
2.8.3 Humedad.....	26
2.8.4 Aireación	26
2.8.5 Relación carbono / nitrógeno.	27
2.9. Maduración, estabilización y contenido nutricional de la composta	28
2.9.1 Criterios de maduración y estabilización	29
2.9.2 Contenido nutricional.	29

2.10 Normatividad en México para el uso de excretas animal.....	30
2.11Lombrihumus o vermicompost	33
2.11.1Propiedades Químicas Del Humus.....	34
2.11.2Propiedades Físicas Del Humus.....	35
2.11.3 Propiedades Biológicas Del Humus.	35
2.11.4 Aplicación del humus dentro de la agricultura.	36
2.12 OTROS PRODUCTOS DE LA LOMBRICULTURA.	40
2.12.1 Carne de lombriz.	40
2.12.2 Harina de lombriz.....	41
III. HIPÓTESIS	44
IV. OBJETIVOS.....	45
4.1 Objetivo General.....	45
4.2 Objetivos Específico	45
V.MATERIALES Y MÉTODOS	46
5.1. Localización.....	46
5.2 Tratamientos.....	46
5.2.1 Preparación del sustrato o compost.....	46
5.2.2 Inoculación	47
5.2.3 Mediciones de la dinámica de reproducción de la lombriz roja californiana (número/m ² y g/m ²).	48
VI.DISCUSIÓN Y RESULTADOS.....	49
6.1 Características físicas y químicas del compost.....	49
6.2 Dinámica poblacional de <i>Eisenia fetida</i>	51
VII. CONCLUSIONES.....	53
IX.LITERATURA CITADA.....	54
X. ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Fases y microorganismos presentes en el compostaje.	23
Cuadro 2. Características generales que deben cumplir los tipos de compostas.	31
Cuadro 3. Concentraciones máximas de elementos traza en mg·kg ⁻¹ en base seca, que deben cumplir los tipos de composta.....	32
Cuadro4. Requisitos químicos y sanitarios para los mejoradores de suelos (1) Huevos de helmintos viables; (2) Número más probable	32
Cuadro 5. Límites máximos permisibles de metales pesados en mejoradores de suelo.	33
Cuadro 6 características físicas y químicas del compost.....	50
Cuadro 7. Dinámica de reproducción de <i>Eisenia fetida</i> alimentadas con compost de estiércol equino (Ce) y de estiércol bovinos (Cb).	52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía de la lombriz (Lombritec 2020).	7
Figura 2. Ciclo de vida de la lombriz (Lombritec 2020).	13
Figura 3. Fases del compostaje (FAO 2013).	21
Figura 4 Localización.	46
Figura 5. Pilas de las heces colectadas.	59
Figura 6. Pila de heces en proceso de composteo.	59
Figura 7. Ventilación manual de la composta.	60
Figura 8 Toma de temperatura de las pilas.	60
Figura 9 lombrices inoculadas.	61
Figura 10: cosecha de lombrices.	61
Figura 11 cocones.	62
Figura 12 Cocones recién eclosionado	62
Figura 13. Lombriz juvenil.	63
Figura 14. Lombrices precliteladas	63
Figura 15. Lombriz clitelada	64

Resumen.

Actualmente se considera que la industria pecuaria tiene gran responsabilidad en el calentamiento global por la generación de contaminantes vertidos al suelo, agua y atmósfera. Las heces pecuarias causan un impacto ambiental como generación de gases de efecto invernadero, eutrofización de cuerpos de agua y sobrecarga de nutrientes en suelos de cultivo. El suelo puede ser afectado por las heces si éstas contienen altas concentraciones de nutrientes (nitrógeno y fósforo), microorganismos patógenos antibióticos, etc.

Por lo cual la humanidad se avisto en la necesidad de adquirir nuevas biotecnologías como lo es lombricultura la cual consiste en la cría intensiva de lombriz roja californiana que nos ayuda a dar un proceso de reciclaje a las excretas animal de las cuales obtendremos un abono orgánico conocido como lombrihumos o vermicompost.

Por lo anterior el objetivo de este estudio es evaluar la dinámica poblacional de esenia fétida alimentada con dos sustratos que son compost de estiércol equino y bovino y de esta manera de terminar si su reproducción esta relaciona con el tipo de sustrato con lo que la lombriz es alimentada. El compostaje se realizó en el Rancho "El Salitre" del Centro Universitario UAEM-Temascaltepec, localizado en el municipio de San Simón de Guerrero, en la región subtropical en el Sureste del Estado de México a $100^{\circ}6'27''\text{O}$ y $19^{\circ}2'8''\text{N}$, a 1800 msnm. Los residuos orgánicos utilizados fueron heces de bovinos (Bo) y equinos (Eq) que fueron colectadas de los corrales de cada especie. Las heces estaban mezcladas con residuos de la alimentación. Los estiércoles fueron sometidos a un proceso de composteo, durante 6 semanas. Las heces colectadas serán depositadas en el área de composteo y se llevara un control semanal hasta la obtención del compost de humedad, temperatura y pH adecuado. Cada tipo de sustrato se colocará en un vermireactor (0.25 x 0.25 x 0.20 m) y se depositará en cada uno 150 individuos maduros con un peso vivo de 90 ± 10 g. Los vermireactores estarán techados con láminas de acero y separados entre sí por un plástico con 4 repeticiones cada uno. Esto se realizará en los dos tipos de composta para determinar la dinámica poblacional de la lombriz roja californiana Cuando las lombrices consumieron totalmente las compostas (Ce y Cb),

lo cual ocurrió aproximadamente a los 60 días después de la inoculación. En cada vermicompostador se separaron manualmente del vermicompost y se contaron todos los individuos clitelados, preclitelados, juveniles, recién eclosionados y cocones. Se tomó una muestra la cual fue pesada en una balanza electrónica de precisión. La biomasa total de lombrices (WBM) que se generó durante el proceso fue calculada mediante la fórmula $WBM = \sum (N_i (\mu_A + \mu_j))$. Por lo anterior se concluye que el tipo de sustrato sí influye en la dinámica de reproducción de la lombriz ya que el sustrato que presentó mayor número de individuos fue el de equino.

I. INTRODUCCIÓN

La lombricultura es una técnica que consiste en utilizar una especie de lombriz como una herramienta de trabajo, dicha actividad consiste en reciclar toda la materia orgánica posible, el resultado del reciclaje genera carne, harina de lombriz y humus de lombriz. El cultivo de lombrices es recomendable realizarlo con la lombriz roja californiana, aunque existen otros tipos de lombrices, la roja californiana es la más apta para este tipo de biotecnología, debido a la facilidad de esta para adaptarse y reproducirse. Debido a la evolución industrial, comercial y social, la lombricultura pasó de ser un método desconocido a uno de los más conocidos y productivos puesto que no solo se utiliza agrónomicamente sino a su vez es empleado para la alimentación humana, de hecho ha sido una de las técnicas más antiguas de las cuales muchos países subdesarrollados como África han podido subsanar problemas de hambre.

Las lombrices son una parte muy importante del proceso de fertilidad de la tierra. Muy pocos conocen los favorables efectos de estas, pues no solo se dedican a devorar la materia orgánica que encuentran, sino que cumplen otras muchas funciones: devuelven la materia orgánica de forma completamente descompuesta, ayudan a diluir ciertos minerales transformándolos en suelo orgánico rico en nutrientes asimilables por las plantas. Además, mezclan ciertas sustancias vegetales con otras situadas en las zonas más profundas procedentes del subsuelo favoreciendo el equilibrio entre arcilla y humedad (Revista planeta huerto 2021).

La lombricultura es una biotecnología que utiliza, a una especie domesticada de lombriz, como una herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus, carne y harina de lombriz. Se trata de una interesante actividad zootécnica, que permite perfeccionar todos los sistemas de producción agrícola. La lombricultura es un negocio en expansión, y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos de las zonas rurales (Pineda, 2012).

Se la conoce como Lombriz Roja Californiana porque es en ese estado de E.E.U.U. donde se descubrieron sus propiedades para el ecosistema y donde se instalaron los primeros criaderos actualmente *Eiseniafetida* es la lombriz más conocida y empleada en más del 80% de los criaderos del mundo (Schuldt 2006).

Flores (2010) menciona que en España y en países como Argentina, Brasil, Ecuador y México, la cría de lombrices comenzó a desarrollarse a principios de la década de los 80's. En la actualidad se están extendiendo las explotaciones de este tipo debido a que la obtención de humus a partir del compostaje de materia orgánica permite mejorar la calidad de muchos suelos agrícolas o recuperar zonas degradadas, al mismo tiempo evitar la contaminación de las aguas que provocan los vertidos indiscriminados de materia orgánica. A partir de esta fecha, también se inicia la práctica de la Lombricultura en una gran cantidad de países como Suiza, Holanda, Italia, España, Japón y Argentina.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La vermicultura o lombricultura

La lombricultura consiste en el cultivo intensivo de la lombriz roja (*Eisenia fetida*) en camas de residuos orgánicos aprovechados como abono para cultivos agrícolas. A los desechos orgánicos producidos por la lombriz se le conoce con el nombre de lombricompost o humus. Este representa el mayor estado de descomposición de la materia orgánica y es un abono de excelente calidad.

Además, la lombriz roja californiana tiene un 70% en proteína lo que significa que es ideal para la alimentación de animales como cerdos o peces.

El manejo de esta lombriz es muy sencillo e ideal, pues se utiliza como alimento todos los desechos orgánicos, como estiércoles de los animales y vegetales, sobrantes de los cultivos.

Desde el mismo momento de su nacimiento, las lombrices son autosuficientes; comen solas y solo necesitan para sobrevivir que el sustrato donde se encuentran sea lo suficiente húmedo y tierno para ser perforado por su minúscula boca.

La lombricultura es una biotecnología que se utiliza a una especie domesticada de lombriz, Como una herramienta de trabajo, esta recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus y carne de lombriz. Se trata de una interesante actividad zootécnica que permite perfeccionar todos los sistemas de producción agrícola. La lombricultura es un negocio en expansión, y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos en las zonas rurales.

La lombricultura, como ya dijimos, consiste en el aprovechamiento de la lombriz de tierra para la producción de humus o abono orgánico a partir de desecho naturales como el estiércol, rastrojos de cosechas y hojas de jardín entre otros materiales que deben estar en estado de descomposición. Además, la lombriz misma es una rica fuente de proteínas para la alimentación humana y de los animales domésticos, ya que de ellas se pueden elaborar harinas o dar directamente a las gallinas y cerdos.

Las lombrices de tierra son aprovechadas para reciclar las cosas que no podemos utilizar directamente en un insumo importante para la agricultura como lo es el abono orgánico que producen, el que es considerado el fertilizante más completo que se puede elaborar, porque además de contener todos los nutrientes que las plantas necesitan es rico en enzimas y en flora bacteriana que ayudan a mantener el equilibrio biológico en el suelo y por consiguiente a reducir grandemente el ataque de las enfermedades en las plantas. Además de mejorar la fertilidad química del suelo mejoran también su fertilidad física (lo que ningún fertilizante pueden hacer) al cavar galerías dentro del suelo, mejorando la aireación y porosidad de este, lo que significa el manejo de estiércol de los corrales y de basura orgánica que se acumulan en las fincas de los pequeños agricultores la que generalmente es quemada inútilmente. Por estas virtudes y otras más, las lombrices de tierra son aprovechadas desde la antigüedad (Fabián, 2008).

(Pineda) también nos menciona que Es una técnica agroecológica, biotecnología o conjunto de operaciones para la cría, producción o tratamiento de lombrices para la descomposición de la materia orgánica y obtención de humus o lombricomposta.

2.1.1 Importancia de la lombricultura.

Las lombrices de tierra son un componente principal de los ecosistemas terrestres que dominan la biomasa de los invertebrados del suelo en diferentes tipos de tierra. Han sido reconocidos como los más importantes ingenieros de ecosistemas del suelo. Sus actividades tienen un profundo impacto en el funcionamiento del ecosistema del suelo, así como en los tipos y cantidades de micro flora y micro fauna (*Starr et al 2008*).

Se ha convertido en la principal especie utilizada en la vermicultura para la producción de abono orgánico, además de ser empleadas para evaluar la calidad del suelo. Son muy apreciadas en agricultura porque enriquecen el suelo en donde habitan, proporcionándole nutrientes y aireación (Flores 2010).

La lombricultura se puede definir como: “la crianza y manejo de lombrices de tierra en condiciones de cautiverio”; con la finalidad básica de obtener con ella dos

productos de mucha importancia para el hombre: el lombricompost como fertilizante de uso agrícola y la proteína (carne fresca o harina), como suplemento para raciones de animales.

El lombricompost es utilizado para la fertilización de especies vegetales de interés alimenticio. La técnica consiste en utilizar todo residuo orgánico generado en el hogar y sus alrededores el cual se debe compostar la cual la lombriz coqueta roja o lombriz californiana lo transforma mediante su aparato digestivo en una extraordinaria fuente fertilizadora.

El cultivo de lombrices es una alternativa que tiene varias finalidades, entre las que se pueden mencionar la producción de materia orgánica, rica en nutrientes y en microorganismos que mejoran la fertilidad del suelo y por lo tanto mejora la productividad de las plantas.(INCAP 2019).

Los principales beneficios de la lombricultura son: alternativa ante acumulación de residuos o desechos, ya que una tonelada de humus equivale a 10 de estiércol. Reemplaza los fertilizantes químicos contaminantes, retiene el agua, pH neutro, contiene carga bacteriana y enzimática, vivifica el suelo, estimulador biológico de fertilidad, fuente de proteína y otros aportes.

Definitivamente, la lombricultura convierte los desechos en composta, reduciendo la contaminación de la basura y conllevando a la conservación del medio ambiente. Asimismo, como una fuente de proteína animal y de equilibrio ecológico. (Pineda)

2.2 Anatomía de la lombriz roja californiana *Eisenia fétida*

(Montes y Ruiz, 2013). Nos dice que el cuerpo de la lombriz está compuesto generalmente por 143 anillos o segmentos. El primer segmento lo compone la cabeza que carece de ojos, los labios bucales y el prostomi.

La lombriz de tierra en cada una de sus segmentos tiene 8 cerdas insertadas directamente en la piel, la cual esta revestida de una cutícula quitinosa.

En los anillos 14 y 15 se abren los ojuelos genitales, a simple vista se observan unos anillos abultados que corresponden a los comprendidos entre el 33 y 37 que reciben el nombre de silla o clitelo.

Los segmentos están separados internamente unos de otros por tabiques transversales (septos), los cuales están atravesados por el tubo digestivo

Las lombrices de tierra pertenecen al orden de los oligoquetos, del griego oligo (escaso) y queto (pelo), que hacen relación a unas diminutas filas de cerdas que recorren su cuerpo en la parte ventral y lateral y que sirven como elementos de agarre durante el desplazamiento en el suelo.

La longitud de su cuerpo oscila entre los dos y veinte centímetros. La pared del cuerpo está constituida de afuera hacia dentro por:

1. Una cutícula, que es una lámina muy delgada, generalmente de color marrón brillante.
2. Una epidermis, capa de tejido epitelial simple con células glandulares que producen una secreción mucosa, también hay células glandulares que producen una secreción serosa.
3. Capas musculares, (son dos, una circular externa y una longitudinal interna).
4. El peritoneo, (es una capa más interna y limita exteriormente con el celoma de la lombriz).
5. El celoma, que es una cavidad que contiene líquido celómico, se extiende a lo largo del animal y envuelve el canal alimenticio.

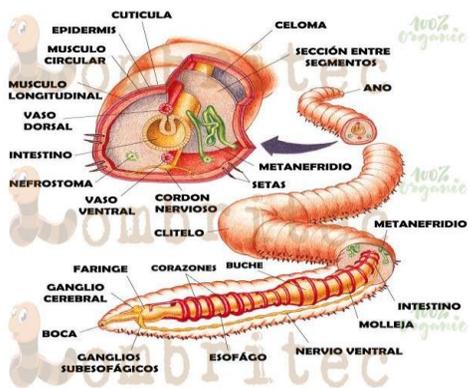


Figura 1. Anatomía de la lombriz (Lombritec 2020).

El cuerpo de las lombrices rojas presenta una segmentación externa e interna, típica de los anélidos. Estos segmentos o anillos son 95 en la lombriz roja tienen distintas funciones según su ubicación.

Las lombrices poseen un esqueleto hidrostático, lo que hace que su desplazamiento esté dado gracias a cambios en la forma y dimensiones de los segmentos de su cuerpo. El cuerpo de una lombriz está compuesto por varios segmentos similares entre sí, cada segmento es una cavidad llena de un fluido, y está rodeado por dos grupos de músculos: longitudinales y circulares. Con la contracción de los músculos longitudinales, el cuerpo se dilata agrandando la abertura de la galería. Luego, al contraer los músculos longitudinales, se adelgaza y desliza. Con esta forma de desplazamiento pueden penetrar en el suelo.

Durante su locomoción una lombriz puede estirar longitudinalmente un segmento en un 60% aproximadamente, y su contracción circular puede alcanzar un 25%. Cabe señalar que las dos capas de músculos son antagónicas. Es decir, que mientras se contraen los longitudinales, se relajan los circulares y viceversa.

En el primer segmento del cuerpo de este anélido se encuentra la boca y tiene un lóbulo musculoso y carnoso en la parte superior. Este lóbulo se puede tirar hacia adentro para sellar la boca o extenderse hacia adelante para sondear el entorno inmediato. Todos los segmentos, excepto el primero, tienen ocho cerdas retráctiles que ayudan a la lombriz de tierra a agarrarse a las superficies mientras se mueve.

Gran parte del cuerpo de la lombriz de tierra está ocupado por el tubo que la recorre de un extremo al otro. En la parte delantera se encuentra la boca. Esta es sólo un orificio con una cavidad. Los alimentos primero son humedecidos y pre digeridos con un rico en enzimas digestivas. Luego, gracias a la acción de contracción de franjas musculares, la faringe aspira el alimento, haciendo el efecto de una bomba succionadora.

En el esófago, se encuentran las glándulas calcíferas que permiten neutralizar la acidez de la materia vegetal. Luego, el papo empuja el alimento a la molleja, donde es macerado gracias a fuertes contracciones musculares. Finalmente, en el intestino, se completa el resto de la digestión y la mayor parte de la absorción de nutrientes.

El aparato circulatorio está formado por vasos sanguíneos o corazones contráctiles. Las lombrices tienen solamente dos grandes vasos sanguíneos, uno dorsal y uno ventral. Existen también, otros vasos y capilares que llevan la sangre a todo el cuerpo.

El aparato respiratorio es poco complejo, el intercambio se produce a través de la pared del cuerpo. El aparato excretor está formado por nefridios, dos para cada anillo. Las células internas son ciliadas y sus movimientos permiten retirar los desechos del celoma.

El sistema nervioso es ganglionar. Posee un par de ganglios supra esofágicos, de los que parte una cadena ganglionar. Estos ganglios supra esofágicos están relacionados por comisuras de unión.

Aunque las lombrices no logren distinguir las imágenes puede percibir la luz mediante foto receptores ubicados en el epitelio.

Tienen gran número de receptores en la cavidad bucal, los cuales podrían ser los responsables de los sentidos del gusto y del olfato. Posiblemente tienen también sensaciones químicas y térmicas.

Las lombrices son hermafroditas: poseen tanto órganos femeninos como masculinos, sin embargo, esto no implica la existencia de autofecundación, ya que los individuos deben cruzarse para intercambiar sus gametos.

Cuando alcanzan la madurez se aparean una vez a la semana, para ello se ponen en contacto los segmentos 9 a 11 opuestos al clitelo de la otra. Cada lombriz coloca los espermatozoides (que salen de sus vesículas seminales) en las espermatecas de la compañera. Una vez terminado el intercambio se separan. Los espermatozoides recibidos quedan latentes hasta el momento de la fertilización.

Sobre el clitelo de ambas se forma una especie de capullo (ooteca), formado por células mucosas. Una veintena de huevos se deslizan por un surco hacia atrás y se introducen en el capullo.

Dentro de la galería la lombriz se mueve hacia atrás haciendo que el capullo se deslice hacia delante arrastrando en el camino los espermatozoides expulsados por los poros seminales.

Cada capullo contiene entre tres y veinte lombrices y contiene albúmina que alimenta a los huevos durante la incubación, periodo que dura entre 14 y 30 días según la temperatura del medio, tardando la lombriz entre 60 y 90 días en lograr su maduración y estar en condiciones de acoplarse(Lombritec 2020).

2.2.1 Clasificación taxonómica.

Según (Rodríguez, 2016) se clasifica de la siguiente manera:

Reino:	Animal
Subreino:	Metazoos
Phylum:	Protosomia
Grupo:	Anélida
Orden:	Oligochaeta
Familia:	Lumbricidae
Especie:	Eiseniafoetida
Tipo:	Red hibrid

2.2.2 Características externas.

- SIMETRÍA: bilateral
- COLOR: rojizo en el dorso rojo pálido ventralmente.
- ANILLOS O SOMITOS: total 95
- BOCA: anillo 1 – sin dientes ni mandíbulas (succiona), lóbulo carnoso o Prostomio (espolón)
- CUTÍCULA: Pared exterior que recubre la epidermis posee glándulas en todos los anillos que secretan Mucus, lo que permite su humedad y flexibilidad.
- QUETAS O CERDAS: dos ventrales y dos laterales entre anillos 2 y 94.
- NEFRIDIOPORO: abertura excretora ubicación latero ventral a cada lado de los anillos 4 a 94.
- PORO DORSAL: ubicado entre los anillos 8 - 9 y 95, comunica la cavidad del cuerpo y el exterior del surco de cada anillo.
- RECEPTÁCULOS SEMINALES (4): ubicados en la parte lateral de los surcos entre anillos 9 – 10 y 10 – 11.
- CONDUCTOS ESPERMATICOS PARES: ubicados ventralmente en el anillo 15.
- POROS DE CELULAS SENSITIVAS: ubicadas en todos los anillos.
- CLITELLO: órgano que cumple funciones reproductivas, ubicado entre los anillos 32 y 37.
- ANO: abertura oval y vertical ubicada en el anillo 95(Mejía 2017).

2.2.3 Características internas.

- BOCA – CAVIDAD BUCAL: comprende anillos 1 al 3.
- FARINGE: bomba succionadora ubicada entre los anillos 4 y 5. Posee glándulas que lubrican el alimento y fibras musculares externas.
- ESÓFAGO: ubicado entre los anillos 6 y 14. Posee tres pares de glándulas calcíferas a cada lado llamadas Glándulas de Morren cuya función es neutralizar con carbonato cálcico los ácidos orgánicos (alimento digerido se vuelve alcalino).
- BUCHE: órgano ubicado entre los anillos 15 y 16 que cumple la función de almacenamiento del alimento.

- MOLLEJA: órgano ubicado entre los anillos 17 y 18, constituido de firmes paredes musculares tapizadas interiormente por una cutícula. Su función es triturar el alimento con ayuda de granos de arena en su interior.
- TUBO DIGESTIVO: su acción la realiza a través de enzimas y microorganismos.
- INTESTINO CELOMA: o espacio que contiene un líquido acuoso fétido, lo que permite humedecer el exterior del cuerpo de la lombriz a través de poros dorsales
- PERITONEO: tela exterior que recubre el celoma.(Mejía 2017)

2.2.4 Sistema nervioso.

- CÉLULAS GUSTATIVAS: ubicadas entre la boca y la faringe, las que le permiten preferir entre un alimento y otro.
- CEREBRO: constituido por un par de ganglios supra faríngeos localizados en el anillo tres.
- CORDÓN NERVIOSO CENTRAL: con derivaciones a células nerviosas de cada anillo, lo que le permite percibir sensaciones de tacto, humedad, temperatura y luminosidad, determinando reacciones del Sistema Muscular modificando su comportamiento.
- CÉLULAS SENSORIALES: ubicadas en la epidermis, las cuales envían impulsos a las células nerviosas de cada anillo.(Mejía 2017)

2.2.5 Sistema muscular.

- MUSCULATURA INTERIOR DEL TUBO DIGESTIVO: circular y longitudinal, permite a través de contracciones y alargamientos realizar el proceso digestivo.
- MUSCULATURA EXTERIOR CIRCULAR: musculatura delgada, la que al contraerse comprime el líquido ceromático y determina el alargamiento de la lombriz.

- MUSCULATURA EXTERIOR LONGITUDINAL: musculatura gruesa, la que al contraerse determina el acortamiento de la lombriz.
- MÚSCULOS DE LAS CERDAS O QUETAS: los que se contraen y alargan.
- No posee ojos, orejas y el su olfato no está desarrollado (Mejía 2017).

2.3 Ciclo de vida y reproducción de *Eiseniafetida*.

El ciclo de vida de las lombrices de tierra, como muchas otras, comienza con un huevo. Dentro del huevo, se desarrolla una lombriz de tierra joven hasta que está lista para eclosionar. El huevo está encerrado en una envoltura llamada capullo. La cantidad de huevos dentro de un capullo puede variar entre especies, oscilando entre 1 y 20 de las especies de lombrices de tierra de la familia Lumbricidae (pero la mayoría de las especies solo tienen 1).

Etapas:

- 1º- Dos lombrices adultas se acoplan, produciéndose entonces su apareamiento.
- 2º- Tres días después cada lombriz pone un huevo o cocon.
- 3º- Veintiún días más tarde los huevos eclosionan, dando paso a una nueva generación de lombrices (de 1 a 20 nuevas lombrices por huevo)
- 4º- En noventa días, las pequeñas lombrices que se formaron en el interior de cada huevo ya son adultas y están preparadas para comenzar un nuevo ciclo de reproducción (Lombrítec 2020).

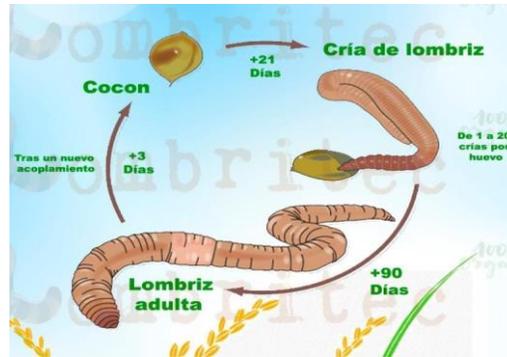


Figura 2.Ciclo de vida de la lombriz (Lombritec 2020).

Cada lombriz está equipada con un aparato genital masculino y un aparato genital femenino. La cópula se realiza cada 7-10 días. Después de 14 a 21 días de incubación, los pequeños gusanos emergen de la cápsula, que ya ha adquirido un color más oscuro, produciendo entre 2 y 21 gusanos blancos que miden aproximadamente 1 mm de largo (Duran et al 2009).

2.4 Factores que influyen en la reproducción de la lombriz.

Infoagro (2019). Menciona que los principales factores que influyen en el desarrollo y reproducción de la lombriz son:

- Humedad.

Será del 70% para facilitar la ingestión de alimento y el deslizamiento a través del material.

Si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz. Las lombrices toman el alimento chupándolo, por tanto la falta de humedad les imposibilita dicha operación. El exceso de humedad origina empapamiento y una oxigenación deficiente.

- Temperatura.

El rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de las lombrices oscila entre 12-25° C; y para la formación de cocones entre 12 y 15° C.

Durante el verano si la temperatura es muy elevada, se recurrirá a riegos más frecuentes, manteniendo los lechos libres de malas hierbas, procurando que las lombrices no emigren buscando ambientes más frescos.

- pH.

El pH óptimo es 7.

- Riego.

Los sistemas de riego empleados son el manual y por aspersión. El manual consta de una manguera de goma de características variables según la función de los lechos. Por su sencillez es muy difundido pero requiere un trabajador implicado exclusivamente en esta labor.

El riego por aspersión requiere mayor inversión, habiendo diversas modalidades según su disposición en los lechos. Si el contenido de sales y de sodio en el agua de riego son muy elevados darán lugar a una disminución en el valor nutritivo del vermicompost. Los encharcamientos deben evitarse, ya que un exceso de agua desplaza el aire del material y provoca fermentación anaeróbica.

- Aireación.

Es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices. Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción debido a la compactación.

- Alimentación.

El alimento que se les proporcionará será materia orgánica parcial o totalmente descompuesta. Si no es así las elevadas temperaturas generadas durante el proceso de fermentación (hasta 75° C), matarán a las lombrices.

2.5. Fuentes de alimento para la lombriz

Las lombrices se alimentan de cualquier producto orgánico, ya sea de origen vegetal o animal, no ácido y bio estabilizado, es decir, después de haber ocurrido un proceso de fermentación, ya que durante este proceso la temperatura se eleva considerablemente, el pH varía y por lo tanto no es apto para la alimentación de estas (Reines et al 2006).

La preparación del alimento de desechos orgánicos que se proporciona a las lombrices es variada y considerando su morfología, debemos alimentarle con residuos más fragmentada para su mejor aprovechamiento. Es decir, reducir lo más posible el tamaño y homogenizar al máximo los residuos, mejor si asociamos con el composteo.

A pesar de que pueden ser alimentadas con cualquier tipo de desecho orgánico, es muy importante tomar en cuenta la cantidad, calidad y composición ya que la lombriz requiere que su alimento este procesado o en un estado de gel para que se puedan alimentar ya que carecen de dientes y no pueden masticar, se debe monitorear constantemente después de un tiempo de actividad en el nuevo alimento (Montes y Ruiz, 2013).

2.5.1 Patologías.

Las enfermedades no son muy frecuentes aunque puede verse afectado por la presencia de bacterias, solo padece de un síndrome proteico por el consumo de alimentos con alto contenido proteico provocando inflamación en el cuerpo y su muerte rápida (Díaz, 2002).

2.5.2 Enemigos.

Los depredadores más frecuentes son los pájaros, ratas, hormigas y planarias y para su control es necesario cubrir las cunas con mallas o pajas y ayuda a mantener la humedad. La presencia de escarabajos, moscas, ciempiés, ácaros y hormigas es indeseable, pues compiten por el consumo de alimento, pero también es un indicador de que el sustrato esta con un pH estable (Díaz, 2002).

2.5.3 Coseche de lombriz.

La cosecha de las lombrices se hace en intervalos de dos a tres meses para obtener al menos tres generaciones de lombrices, antes de cosechar las lombrices, se suspende la alimentación y el riego de cuatro a seis días para tener mayor éxito en la cosecha, las trampas se introducen a las cunas con alimento fresco, una vez que hayan colonizado las lombrices retirarlas a otra cuna. Luego se procede al sacado del humus y resecarlo hasta obtener una humedad entre 30 y 40%, luego tamizarlo para obtener un producto homogéneo y debe reposar durante tres meses para su posterior aplicación a los cultivos (Silva, 2015).

2.6. Las heces o estiércoles pecuarios como fuente de Materia Orgánica reciclable

2.6.1 Estiércol bovino.

Estiércol fresco, es decir acabado de producir por el bovino teniendo una consistencia pastosa, de color verde encendido, de olor insoportable, debido a que su pH es altamente alcalino, no es recomendable para la alimentación directa de la lombriz.

Estiércol maduro, es cuando hayan pasado al menos de 10 - 18 días de haber sido producido por el animal, su consistencia es semipastosa, de color verde oscuro o pardo, su olor es soportable, el pH se encuentra estabilizado calculado entre 7 y 8. Este es el sustrato adecuado, puesto que presenta las condiciones óptimas para la alimentación y crianza de lombrices, es necesario agregarle agua para estabilizar su humedad, y por ende su temperatura. Contiene un 0,6% de nitrógeno, 0,3% de fósforo, 0,4% de potasio y oligoelementos.

Estiércol viejo, es un estiércol que tiene más de 20 días de haber sido producido, es de consistencia pastosa y dura, desmoronándose al apretarse con la mano. No presenta prácticamente ningún olor. Este no es el sustrato que puede ser utilizado para la crianza de lombrices, puesto que el pH es altamente ácido y pueden entrar las lombrices en periodo de letargo. www.bibliotecadigital.com (2018).

Además uno de los problemas que enfrentan los productores de ganado bovino en sus establos, es la gran cantidad de estiércol que se produce en los corrales, afectando negativamente al medio ambiente incluyendo los mantos freáticos con malos olores, sustancias, microorganismos y gases que producen estos, aunado al desconocimiento que tienen los ganaderos del uso, manejo y/o reciclaje de este.

2.6.2 El estiércol equino como sustrato

El caballo es un animal muy usado por el hombre desde la antigüedad, especialmente como medio de locomoción (sobre todo antes del desarrollo de los vehículos a motor de combustión). Su domesticación y uso se remonta a tiempos lejanos (algunos lo datan entorno 2000-3000 años antes de cristo), desde medio de transporte hasta herramienta de trabajo. Su población mundial ha fluctuado bastante siendo por los años 1960 cuando se registró el máximo según algunos estudios (la cifra la estiman en 65 millones de individuos).

Actualmente, muchos de los caballos que se usan sobre todo en agricultura suelen estar estabulados (otros muchos no, viven libres por el campo) y generan una gran cantidad de estiércol (pueden producir hasta 8 toneladas por año y por animal). Este estiércol es muy interesante como fuente de materia orgánica para la agricultura y en especial para el compostaje y el vermicompostaje.

El estiércol de caballo es un material que se composte muy bien. Suele tener un contenido en nitrógeno moderado con respecto a otros estiércoles como la “gallinaza” o el estiércol de oveja. A diferencia de otros animales como vacas u ovejas, no son rumiantes, por lo que su estiércol es ligeramente diferente. Está formado principalmente por excrementos del caballo mezclados con paja u otro material lignocelulósico utilizado normalmente como cama absorbente. En cuanto a su compostaje, se puede emplear como agente estructurante y las proporciones varían en función del residuo a co-compostar. Pueden ir desde 50% hasta un 10% (proporción en base al peso fresco o volumen de residuo). Es importante conocer el contenido en nitrógeno y carbono del otro residuo ya que eso hará que utilicemos más o menos.

2.6.3 Fuentes de materia orgánica.

Según (Brechelt, s.f.), estos son las fuentes de la materia orgánica.

- Residuos de la actividad ganadera: Estiércoles, orines, pelos, plumas, huesos, etc.
- Residuos de la actividad agrícola: Restos de cultivos, podas de árboles y arbustos, malezas, etc.
- Residuos de la actividad forestal: Aserrín, hojas, ramas y ceniza
- Residuos de la actividad industrial: Pulpa de café, bagazo de la caña de azúcar, etc. Residuos de la actividad urbana: Basura doméstica, aguas residuales y materias fecales.
- Abonos orgánicos preparados: Compost, estiércol, Bocashi, humus de lombrices, abono verde, etc.

2.7. Proceso de Compostaje.

Uno de los problemas ambientales de las explotaciones agrícolas son los residuos orgánicos que se generan (restos de poda, de cosecha, de post-cosecha, estiércol, pasto, fruta caída, entre otros). Normalmente, debido al desconocimiento, la falta de un espacio adecuado o de tiempo, las prácticas habituales con estos residuos son la quema, el enterramiento o el abandono del material a la intemperie hasta su pudrición (Pilar, 2013).

(Acosta 2013) Nos menciona que el compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola, que en su descomposición por la acción de microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos) Bajo condiciones aeróbicas controladas, hasta la obtención de un producto final homogéneo, apto para utilizarse como fertilizante, denominado composta, este proceso pasa por diferentes fases que se dividen según la temperatura, en: fase mesofila que alcanza a una temperatura de 45° que dura de 2 – 8 días, la fase termófila que pasa una temperatura de 45° hasta los 60° que puede durar días hasta meses, la fase de enfriamiento la temperatura

desciende a 45° - 40° puede durar varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración que demora meses.

El compost es un proceso biológico en el cual la materia orgánica se transforma en humus bajo la actividad de microorganismos de tal manera que sean aseguradas las condiciones necesarias (temperatura, aireación y humedad) para que se realice la fermentación aeróbica de estos materiales (Soto, 2003).

La revista INIA (2013) Menciona que el proceso de compostaje consiste en reproducir parte del ciclo biológico natural de crecimiento y descomposición. Al morir, las plantas y los animales que de ellas se alimentan se convierten en la materia prima para el proceso de descomposición y humificación (transformación de la materia orgánica del suelo en humus). Los microorganismos, hongos, insectos, ácaros y otros pequeños animales convierten el carbono de la materia orgánica muerta en energía para su propio crecimiento, liberan dióxido de carbono al aire, utilizan los nutrientes que las plantas tomaron del suelo y luego los devuelven a éste al morir. Otros microorganismos y vegetales reutilizan el carbono y los nutrientes y el ciclo comienza nuevamente. Así como también durante el compostaje los microorganismos se multiplican y los procesos bioquímicos liberan anhídrido carbónico, agua, energía y otros productos orgánicos. Parte de la energía se utiliza en el metabolismo y el resto se emite en forma de calor. Al principio, cuando los microorganismos disponen de su alimento fácilmente, se produce una descomposición rápida con importante generación de calor, a medida que el alimento se agota disminuye el crecimiento microbiano y por consiguiente la generación de calor, continuando el proceso de descomposición y generación de humus pero en forma más lenta.

La FAO (2017) Menciona que en realidad, el compostaje imita la degradación natural de la materia orgánica, pero lo hace de forma más eficiente y controlada. “Para fabricar compost se puede utilizar cualquier residuo orgánico, aunque los más convenientes son los residuos vegetales”, señala Bernal. Aun así, son las legislaciones de cada país o territorio las que establecen qué se puede considerar

compost y qué no. Por ejemplo, puede producirse compost a partir de los siguientes materiales:

- **Estiércoles y purines.** Es decir, las excreciones de los animales de ganadería, de contenido elevado en nitrógeno.
- **Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.** En este caso, deben proceder solo de la recogida selectiva de orgánicos, para evitar que vengan mezclados con otros residuos como plásticos o vidrio.
- **Restos forestales o agrícolas,** con preferencia por los materiales leñosos. Suelen ser residuos con alto contenido en carbono.
- **Residuos de la industria agroalimentaria,** como, por ejemplo, los restos tras la extracción del aceite de oliva o del mosto para la elaboración de vino.

2.7.1 Fases del compostaje

De acuerdo con Bueno, Díaz y Cabrera (2008), en el proceso de compostaje se presentan

tres fases en relación con la temperatura: una fase mesófila (temperatura menor de 45°C).una fase termófila (temperatura mayor de 45°C) y una fase mesófila o enfriamiento cuando la temperatura alcanza valores cercanos a la ambiental.

1. FASE MESÓFILA

El proceso de compostaje se inicia a temperatura ambiente y poco a poco, con el paso de entre unas pocas horas y días, la temperatura de la mezcla va aumentando debido a la actividad de los microorganismos. “Si los microorganismos no tienen oxígeno y humedad, dejan de actuar, la mezcla acaba enfriándose y el proceso de compostaje se frena”, señala Pilar Bernal. El objetivo es alcanzar entre 50 y 70 grados centígrados.

2. FASE TERMÓFILA O DE HIGIENIZACIÓN

Una vez superados los 45 grados, los organismos que se desarrollan a estas temperaturas, los llamados mesófilos, desaparecen y son reemplazados por microorganismos que soportan hasta 100 grados, los termófilos. Esta temperatura

se mantiene mientras continúa el proceso de descomposición de la materia orgánica y puede durar meses. Las altas temperaturas contribuyen a la higienización de la mezcla, ya que destruyen cualquier tipo de contaminante biológico.

3. FASE MESÓFILA O FASE DE ENFRIAMIENTO

Después de la fase termófila, vuelve a bajar la temperatura. En ese momento, debemos decidir si volteamos la mezcla para homogeneizarla y volver a elevar la temperatura o dejar que esta vaya bajando. En esta fase, más cercana a la temperatura ambiente, continúa la descomposición y los organismos mesófilos se reactivan.

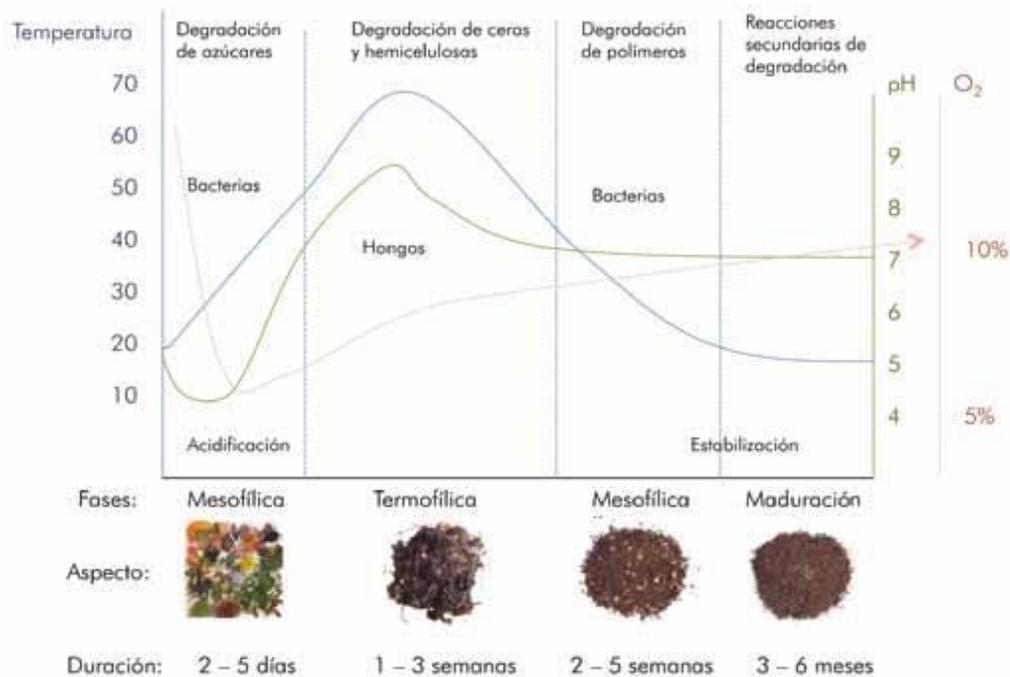


Figura 3. Fases del compostaje (FAO 2013).

2.7.2 Tipos de compostaje.

2.7.2.1 Compostaje Aeróbico.

El proceso de biodegradación de una mezcla de sustratos orgánicos realizado por una comunidad microbiana compuesta de varias poblaciones dentro de un ambiente con provisiones de oxígeno y en estado sólido se refiere al compostaje aeróbico (Díaz *et al.*, 2007). El accionar de estos microorganismos eleva la temperatura en la masa de compostaje dando paso a una serie de fases y con ello diversas poblaciones de microorganismos (Cuadro 1) (Mirabelli, 2008).

El proceso comienza con la oxidación de la materia orgánica fácilmente degradable: ésta primera fase es llamada descomposición. La segunda fase, estabilización, incluye no solo la mineralización de las moléculas lentamente degradables, sino también incluye procesos más complejos tales como la humificación de los compuestos ligno-celulosos (Díaz *et al.*, 2007).

Cuadro 1. Fases y microorganismos presentes en el compostaje.

Fases	Duración	Temperatura °C	Especies útiles	Patógenos y parásitos
Latencia	1 día	20	Bacterias, hongos, protozoos	Insectos, larvas, huevos de parásitos, gérmenes patógenos, semillas de malezas
Mesófila 1	15 horas	25-30	Bacterias y hongos mesófilos y pocos termófilos	Eclosión forzada de huevos de parásitos, evolución de larvas, fuga de insectos
Termófila 1	55 horas	35-45	Hongos termófilos, substancias antibióticas	Destrucción de larvas de insectos, parásitos, semillas, comienzo de destrucción de patógenos
Termófila 2	12 días	65-75	Desaparición de termófilos patógenos, aparición de bacterias termófilas y actinomicetes	Destrucción de larvas de patógenos intestinales, coliformes, etc.
Termófila 3	15 días	75-35	Bacterias, hongos y actinomicetes termófilos	Finalización de bacterias patógenas, incluso esporuladas
Mesófila 2	50 días	25-20	Microorganismos no patógenos	Ausencia de patógenos

Fuente: Mirabelli, 2008.

2.8. Factores a considerar en la elaboración de una composta.

2.8.1 Sustrato.

Esencialmente todos los sustratos disponibles para el compostaje son de origen animal, vegetal y microbiano; generalmente los materiales provenientes de las plantas son en mayor cantidad, mientras que los componentes animal y microbiano son solo la menor fracción de algunas mezclas, pero usualmente son la fracción más rica en nutrientes (Díaz *et al.*, 2007).

La importancia del origen de los sustratos está en relación directa con la peculiaridad de las características físicas y químicas (Ruíz, 2009). Algunas de las características físicas más importantes de los sustratos son principalmente los relacionados con el tamaño de partícula y el contenido de humedad del material (Díaz, *et al.*, 2007). El tamaño y la distribución de las partículas son críticos para el balance del área superficial de crecimiento de los microorganismos y la permanencia de la adecuada porosidad para la aireación (Bernal *et al.*, 2009); el tamaño ideal de las partículas es de 1-5 cm (Ruíz, 2009;

CIB, 2013) y el porcentaje del espacio poroso lleno de aire en las pilas de compostaje está en el rango de 35-50% (Bernal *et al.*, 2009). El contenido de humedad óptima para un amplio rango de sustratos a ser composteados generalmente es del 50-60% (Bernal *et al.*, 2009; Díaz *et al.*, 2007; Mirabelli, 2008). Las características químicas de los sustratos están relacionadas con los nutrientes de los materiales, este tema se citará en el apartado de relación carbono/nitrógeno. Existen residuos no recomendados para el compostaje tales como residuos sanitarios, hospitalarios, infecciosos, peligrosos, animales muertos por zoonosis o enfermedades de alto riesgo, lodos de plantas de tratamiento de agua de zonas industriales y aquellos determinados por las autoridades competentes (i.e. normas oficiales mexicanas) (Ruíz, 2012).

2.8.2 Temperatura

La temperatura es uno de los factores más importantes que determinan la velocidad de las reacciones bioquímicas en el compostaje y una maduración adecuada de las compostas (Hernández *et al.*, 2013). Díaz *et al.* (2007) Señalan que el compostaje es un proceso bio oxidativo de descomposición microbiano de mezclas de materia orgánica y por lo tanto un proceso exotérmico que produce relativamente una gran cantidad de energía y solamente el 40-50% de esta puede ser utilizada por los microorganismos para la síntesis de ATP; la energía remanente se pierde como calor en la masa de compostaje.

La evolución de la temperatura en el curso del compostaje es el resultado de un balance entre el calentamiento debido a las actividades de los microorganismos y las pérdidas debidas a los intercambios con el medio exterior (Ruíz, 2009). Los cambios de temperatura en el proceso de producción de composta determinan la abundancia y diversidad de los grupos microbianos predominantes (Bernal *et al.*, 2009), así como también es función de la composición del sustrato y de la naturaleza de los intercambios térmicos (Ruíz, 2009). Esta actividad microbiana, divide el proceso en fases: mesófila, termófila, de enfriamiento y maduración; Oviedo *et al.* (2014) reportaron este comportamiento típico de fases secuenciales de temperatura en el compostaje de bioresiduos de origen municipal. El sobre calentamiento inicial no debe sobrepasar 60-70°C (Díaz *et al.*, 2007). Las altas temperaturas son capaces de eliminar patógenos (Szavobá *et al.*, 2010), pero también son capaces de terminar con la flora benéfica y desnaturalizar a las enzimas responsables de la degradación (Acosta *et al.*, 2012b). Esta condición al igual que la humedad y el pH, determinan el éxito en el proceso de compostaje aeróbico.

Por otro lado, dependiendo del tratamiento que se le dé a la pila del compost serán las variaciones de temperatura, Ahnet *et al.* (2011) reportaron que después de cada volteo de la pila había un descenso en la temperatura pero seguidamente regresaba a un ligero nivel más bajo que la temperatura anterior al volteo; este fenómeno también fue reportado por otros autores. Brito *et al.* (2008) reportaron temperaturas termófilas (>65°C) durante un mes del proceso de compostaje de la fracción sólida de estiércol de ganado bovino en todos sus tratamientos. Costa *et al.* (2014)

reportaron temperaturas más bajas en las hileras de compostaje que contenían mayor cantidad de cama de ovejas, ya que las características granulométricas y el tamaño de partícula de este material contribuía a promover mayor aireación y retenía poco calor en la hilera de compostaje.

2.8.3 Humedad

El agua es esencial para todas las actividades microbiológicas y debe estar presente en cantidades apropiadas en todo el ciclo de compostaje; el contenido óptimo en el material inicial varía, y esencialmente depende sobre el estado físico y tamaño de las partículas y del sistema de compostaje usado (Díaz *et al.*, 2007). El material a compostear debe tener entre un 50-60% de humedad, como regla general, el óptimo de la actividad microbiana se logra cuando la máxima cantidad de agua, no restringe la utilización del oxígeno (Mirabelli, 2008). Bernal *et al.* (2009) comentan que la humedad varía de acuerdo al desecho a compostear. Oviedo *et al.* (2014) reportaron que la frecuencia de volteo de las pilas de biorresiduos de origen municipal con alto contenido de humedad inicial favoreció a la reducción de la misma y permitió mayor degradación de la materia orgánica.

Humedad en un rango menor al 30% inhibe la actividad bacteriológica, también un exceso de humedad mayor al 65% resulta en una lenta descomposición (Bernal *et al.*, 2009; Díaz *et al.*, 2007; Mirabelli, 2008), producción de olor en bolsas anaeróbicas y pérdida de nutrientes (Trautmann, 2000). Kulcu y Yaldiz (2007) reportaron una humedad entre el 64-65% al inicio del proceso de compostaje de estiércol de cabra y al final el contenido de agua tuvo variaciones de acuerdo a la proporción de desechos utilizados en las mezclas composteadas durante 21 días; la mezcla de 45% estiércol de cabra, 45% de paja de trigo y 10% de conos de pino tuvo una pérdida mayor cerca del 45%. Un producto final que esté bien humificado, debe poder retener hasta una vez y media su propio peso en agua (Mirabelli, 2008).

2.8.4 Aireación

La aireación es uno de los factores más importantes del proceso de compostaje porque éste es básicamente una transformación aeróbica de la materia orgánica

donde el oxígeno es consumido y se producen gases como vapor de agua y dióxido de carbono (El Kader *et al.*, 2007), además sirve para el adecuado control de la humedad por lo que resulta muy importante la selección del método de aireación y depende de la naturaleza del sustrato, siendo los más comunes el volteo de pilas o la aireación forzada (Oviedo *et al.*, 2014). Bernal *et al.* (2009) en su revisión de literatura comentan que la aireación controla la temperatura, elimina el exceso de humedad y dióxido de carbono, además provee oxígeno para los procesos biológicos. Kulcu y Yaldiz (2007) comentaron que el principal problema de los sistemas de aireación es que la distribución del oxígeno no es homogénea en la pila de compostaje y eso podría provocar acumulación de dióxido de carbono y condiciones anaeróbicas dentro de la pila. Por tal razón, estos autores evaluaron diferentes proporciones de conos de pino agregados a las mezclas de estiércol de caprino con paja de avena para determinar la proporción de mezcla óptima para valores adecuados de espacio de aire libre para el compostaje, encontrando que 10% de conos de pino, 45% de estiércol caprino y 45% de paja de avena fue la mejor. Lazcano *et al.* (2008) compararon la efectividad del compostaje agregando aire forzado a latrinchera de estiércol contra vermicompostaje para la estabilización biológica de estiércol de vaca, encontrando que el compostaje tuvo una mayor biomasa y actividad microbiana ($2.7 \cdot 10^4$ y $4.8 \cdot 10^3$ mg CO₂ kg⁻¹ MO, respectivamente) que el vermicompostaje ($2.5 \cdot 10^4$ y $4.2 \cdot 10^3$ mg CO₂ kg⁻¹ MO, respectivamente). Guo *et al.* (2012) concluyeron que la tasa de aireación fue el mejor factor que influenció la estabilidad de compost obtenido de la mezcla de heces de cerdo y paja de maíz.

Por otro lado, demasiada oxigenación puede provocar pérdidas de nitrógeno por volatilización, Cook *et al.* (2014) reportaron mayores pérdidas de nitrógeno total en las pilas de compostaje de purines de cerdo volteadas más frecuentemente durante el otoño.

2.8.5 Relación carbono / nitrógeno.

El balance nutricional es principalmente definido por la relación carbono/nitrógeno (C/N), el cual es requerido por los microorganismos como fuente de energía (carbono orgánico degradable) y nitrógeno para su desarrollo y actividad (Bernal *et*

al., 2009). La relación C/N para iniciar el compostaje, debe estar comprendida entre 30 a 45/1 (Mirabelli, 2008).

La adecuada relación C/N para el compostaje está en el rango de 25-35, porque está considerado que los microorganismos requieren treinta partículas de carbono por una de nitrógeno (Bernal *et al.*, 2009; Díaz *et al.*, 2007). Alta relación C/N hace el proceso más lento porque hay un exceso de sustrato a degradar para los microorganismos. Pero con baja relación C/N hay un exceso de nitrógeno por carbono degradable y nitrógeno inorgánico es producido en exceso y puede ser perdido por volatilización de amonio (NH₄⁺) o por lixiviación desde la masa del compostaje (Díaz *et al.*, 2007; Mirabelli, 2008).

Sin embargo, una baja relación C/N puede ser corregida adicionando un agente que aumente el volumen en la provisión de carbono orgánico degradable (Díaz *et al.*, 2007).

La relación C/N indica el grado de descomposición de un desecho, como el carbono es perdido como CO₂ durante la biooxidación, mientras el nitrógeno es perdido a una tasa menor, y por tanto mayor descomposición de un desecho, menor relación C/N (Lazcano *et al.*, 2008).

El estiércol bovino tiene un alto contenido de carbono mientras que el estiércol de pavo tiene un alto contenido de nitrógeno, por este contraste en la proporción C/N estos dos estiércoles pecuarios fueron escogido por El Kader *et al.* (2007) para evaluar las emisiones de gases (amoníaco y óxido nitroso) con diferentes técnicas de compostaje tales como: volteo, compactación y adición de agua. La compactación y adición de agua pueden usarse para mejorar el control de las emisiones después del volteo.

2.9. Maduración, estabilización y contenido nutricional de la composta

El principal requerimiento de un compost para ser usado seguramente en el suelo es un alto grado de estabilización y maduración, los cuales implican un contenido estable de MO y la ausencia de compuestos fito tóxicos, plantas y microorganismos patógenos (Bernal *et al.*, 2009).

2.9.1 Criterios de maduración y estabilización

La maduración de un compost está asociada con el potencial de crecimiento de plantas o fitotoxicidad, así como también describe el impacto de otras propiedades químicas sobre el desarrollo de las plantas (CCQC, 2001). Estas incluyen la relación C/N, relación amonio/nitrato, capacidad de intercambio catiónico entre otras. Azeez *et al.* (2010) encontraron una disminución en la biomasa de *Cucurbitamaxima* en una aplicación de estiércol de pollo de 17.10 ton ha⁻¹, y concluyen que esta disminución no se debió a salinidad sino a efecto de toxicidad posiblemente por ácidos grasos. Guo *et al.* (2012) reportaron que el índice de germinación fue influenciado por la relación C/N ($p=0.004$) y que al final de proceso de compostaje de heces de cerdo el índice de germinación fue más alto en los tratamientos con relación C/N 18. Benito *et al.* (2005) reportaron niveles adecuados de CIC (93.9 cmol kg⁻¹), carbón orgánico (47.42%) y valores de relación C/N altos (22 a 48) pero consideran que los desechos de poda tienen muchos compuestos recalcitrantes y una relación al derredor de 30 indican madurez del compost en diferentes compost de residuos de poda.

La estabilidad a menudo está relacionada con la actividad microbiana del compost (Bernal *et al.*, 2009). La cinética de estabilización de los desechos depende en su composición bioquímica y en sus características físicas y está también influenciada por condiciones ambientales como suplemento de oxígeno, temperatura y humedad (De Guardia *et al.*, 2010). Guo *et al.* (2012) concluyen que el factor que influenció mayormente a la estabilidad fue la tasa de aireación en el compostaje de heces de cerdo.

2.9.2 Contenido nutrimental.

En relación con los fertilizantes, la composta aporta los elementos minerales habituales (N, P, K, Ca, Mg, etc.) pero en forma diluida y contiene todos los oligoelementos indispensables para las plantas (Zn, Mn, B, Fe, Cu, Co, etc.) (Ruíz, 2009). Brito *et al.* (2012) reportaron una cantidad de N (24-40 g kg⁻¹), P (4-7 g kg⁻¹), K (11-15 g kg⁻¹) y Ca (13-21 g kg⁻¹) del compost final de la fracción sólida de

purines de bovinos y sugirieron que estos valores en materia seca de composts podrían ser efectivos como enmiendas para uso en la agricultura. Cook *et al.* (2015) reportaron un contenido de N total desde 220.35 a 329.93 g kg⁻¹, P 18.92 a 28.73 g kg⁻¹ y K 19.96 a 32.94 g kg⁻¹ en los diferentes composts obtenidos de las mezclas de purines de cerdo con aserrín durante los ensayos de compostaje conducidos en otoño de 2011 y primavera de 2012.

2.10 Normatividad en México para el uso de excretas animal

En México la regulación y vigilancia gubernamental sobre el uso y manejo de excretas animales es escasa y confusa, ya que solo se especifican ciertas normas sobre descargas de contaminantes al agua, restando importancia a emisiones a la atmósfera y contaminación del suelo (Pinos *et al.*, 2012).

La Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el Distrito Federal, es uno de los grandes esfuerzos por implementar regulaciones en este tenor, sirviendo como base para la elaboración de composta y características generales que deben cumplir los productos obtenidos (Cuadro 4 y 5). De la misma manera, la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006, que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelo elaborados a partir de residuos orgánicos, emitida por la Secretaria del Medio Ambiente del Estado de México, es otro apoyo para requisitar las características fisicoquímicas y sanitarias de los mejoradores de suelo obtenidos a partir del compostaje de residuos orgánicos. Los cuadro 6 y 7 muestran dichas características.

Cuadro 2. Características generales que deben cumplir los tipos de compostas.

Parámetro	TIPO DE COMPOSTA		
	A	B	C
Uso recomendado	Sustrato en viveros y sustituto de tierra para maceta	Agricultura ecológica y reforestación	Paisaje, áreas verdes urbanas y reforestación
Humedad	25-35 % en peso		25-45 % en peso
pH	6.7 – 7.5	6.5 – 8	
Conductividad eléctrica	< 4 dS/m	< 8 dS/m	< 12 dS/m
Materia orgánica	> 20% MS		> 25 % MS
Carbono total	Debe indicarse en la etiqueta el resultado del último análisis realizado		
Nitrógeno total % MS			
Relación C/N	< 15	< 20	< 25
Macronutrientes (NPK) En % MS	De 1% a 3% en cualquiera de ellos y su suma \leq 7%: portará la leyenda “Composta -mejorador de suelos. Si cualquiera excede 3% o la suma es mayor a 7% Debe portar la leyenda “Composta para nutrición vegetal” y se indicarán las cantidades para cada macronutriente.		
Granulometría	\leq 10mm	\leq 30 mm	
Fitotoxicidad (IG)	IG \geq 85 %	IG \geq 75 %	IG \geq 60 %
Diferencia de temperatura con el ambiente medida a una profundidad \geq 50 cm	\leq 10°C		\leq 15°C

Fuente: Extraído de NADF-020-AMBT-2011.

En la siguiente tabla se especifican tres niveles de concentraciones máximas permisibles de elementos traza para los tres tipos de composta del cuadro anterior.

Cuadro 3. Concentraciones máximas de elementos traza en mg·kg⁻¹ en base seca, que deben cumplir los tipos de composta.

Nivel – tipo	As	Cd	Cr total	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Nivel 1 - tipo A	0.1	0.7	70	70	0.4	25	45	200
Nivel 2 - tipo B	0.7	1	70	150	0.7	60	120	500
Nivel 3.- tipo C	2.0	3	250	400-500	3	100	200	1200-1800

Fuente: Extraído de NADF-020-AMBT-2011.

Cuadro4. Requisitos químicos y sanitarios para los mejoradores de suelos (1) Huevos de helmintos viables; (2) Número más probable

Características	Método de determinación	Resultados
Parámetros Químicos		
pH	NMX-AA-025-1984	6.5 A 8.0
Materia orgánica	NMX-AA-021-1985	mayor a 15%
Relación carbono-nitrógeno	NMX-AA-067-1985	menor a 12
Fosforo	NMX-AA-094-1985	mayor a 0.1% ó 1000 partes por millón
Potasio	Acetato de amonio pH 7 Anexo I	mayor a 0.25% ó 2,500 partes por millón
Relación potasio- sodio	Extracción con acetato de amonio pH 7 por absorción atómica o flamometría Anexo I	mayor a 2.5
Parámetros microbiológicos		
Hongos fitopatógenos	Siembra en agar dextrosa papa Anexo II	Ausente
Huevos de helmintos g en base seca ⁽¹⁾	Anexo III	Menor a 10
Coliformes fecales NMP ⁽²⁾ /g en base seca	Anexo IV	Menor a 1000
Salmonella spp G en base seca	Anexo V	Menor a 3

Fuente: Extraído de NTEA-006-SMA-RS-2006

Cuadro 5. Límites máximos permisibles de metales pesados en mejoradores de suelo.

Contaminante	Límite máximo permisible ppm	Método de determinación
Arsénico	5.0	Absorción atómica (Anexo VI)
Cadmio	1.0	Absorción atómica (Anexo VI)
Cromo hexavalente	5.0	Método colorimétrico de Difenilcarbazida (Anexo VII)
Cobre	30.0	Absorción atómica (Anexo VI)
Plomo	5.0	Absorción atómica (Anexo VI)
Niquel	5.0	Absorción atómica (Anexo VI)
Zinc	90	Absorción atómica (Anexo VI)

Fuente: Extraído de NTEA-006-SMA-RS-2006

2.11Lombrihumus o vermicompost

EL Humus es la materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por efecto de microorganismos, también es conocido con muchos nombres comerciales en el mundo de la lombricultura; lombricompost, worn, lombricompuesto.

Este humus está formado principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrogeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos benéficos, hormonas y todo los macro y micro nutrientes con valores que dependen de las proporciones y de las características químicas del sustrato que sirvió como alimento a las lombrices.

El humus de lombriz cumple un rol trascendente al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, influyendo de manera química, física y Biológica (Díaz, 2002).

(Fertibox) menciona que es un producto obtenido a través de una técnica denominada "vermicompostaje", la cual consiste en un proceso de bio-oxidación y estabilización de la materia orgánica mediante el empleo de lombrices de tierra y microorganismos.

Presenta un color oscuro, con un olor agradable y es suave al tacto.

Debido a su gran bioestabilidad, evita su fermentación o putrefacción, y además ayuda a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Pineda menciona que el humus como abono natural se obtiene de la digestión que hacen las lombrices de la materia orgánica; "es el mejor fertilizante que existe, no contiene sustancias químicas y genera vida en el suelo, al que aporta millones de bacterias que lo hacen más fértil y sano. Así como también explica que el humus de lombriz no sólo alimenta a la planta, también la fortalece y protege frente a plagas, heladas y enfermedades: "las cosechas se incrementan como mínimo un 50%.

Además, "regula el pH del suelo, lo descontamina, no huele y no aloja parásitos perjudiciales, sino millones de bacterias beneficiosas para el terreno, zinc, hierro, plomo, boro, magnesio, manganeso, siete veces más de nitrógeno que el estiércol, seis más de potasio y cinco más de fósforo

2.11.1 Propiedades Químicas Del Humus.

Al incorporar a la biosfera nutrientes en forma inmediatamente asimilables potencializa los cultivos.

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre y fundamentalmente actúa favorablemente respecto al nitrógeno.
- Incrementa la eficiencia de fertilización particularmente con el nitrógeno.
- Estabiliza la reacción del suelo debido a su alto poder buffer.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción,
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias patógenas.

2.11.2 Propiedades Físicas Del Humus.

- Posee propiedades coloidales que al aumentar la porosidad y aireación del suelo contribuye a la infiltración y retención del agua y al desarrollo radicular.
- Mejora la estructura, dándoles menor densidad aparente a los suelos pesados y compactos y aumentando la unión de todas las partículas en los suelos arenosos.
- Mejora la permeabilidad y aireación.
- Reduce la erosión del suelo.
- Incrementa la capacidad de retención de humedad.
- Confiere color oscuro al suelo reteniendo calor

2.11.3 Propiedades Biológicas Del Humus.

- Estimula la vida actividad al tener los mismos microorganismos benéficos del suelo, pero en mayor cantidad, creando un medio antagónico para algunos patógenos existentes, neutraliza sustancias tóxicas como restos de herbicidas, insecticidas y solubiliza elementos nutritivos poniéndolos en condiciones de ser aprovechados por las plantas gracias a la presencia de las enzimas que incorpora y sin las cuales no sería posible ninguna reacción bioquímica.
- Controla el dumping o mal de almacigo por su pH cercano a 7 y su activa microbiana ya que no ofrece un medio óptimo para el desarrollo de los hongos patógenos.
- Es fuente de energía, incentiva la actividad microbiana, optimiza la aireación, permeabilidad, pH, e incrementa y diversifica la flora microbiana (Díaz, 2002).

2.11.4 Aplicación del humus dentro de la agricultura.

El humus es un abono orgánico altamente nutritivo para todo tipo de plantaciones en la agricultura ya sea en especies anuales, perennes y generalmente en la producción de plantones en viveros.

(Agrobit) nos dice que humus, como todo abono orgánico, se usa en primavera y otoño. Se extiende sobre la superficie del terreno, regando abundantemente para que la flora bacteriana se incorpore rápidamente al suelo.

Nunca se debe enterrar porque sus bacterias requieren oxígeno. Si se aplica en el momento de la plantación favorece el desarrollo radicular, por otra parte, al hacer más esponjosa la tierra disminuye la frecuencia de riego.

El humus puede almacenarse por mucho tiempo sin que se alteren sus propiedades, pero es necesario que mantenga siempre cierta humedad, la óptima es de 40%. La cantidad que debe aplicarse varía según el tipo de planta y su tamaño:

• Árboles 2-3 Kg 1 Kg	Plantas de mezcla al 50% 4 cucharadas
• Rosales y leñosas 500 gr 1kg/m ²	interior con la tierra de por maceta
• Césped 1 kg/m ² 500 gr/m ²	Cultivo: Orquídeas mezcla al 10% 1 cucharada con la tierra de cultivo por maceta
• Hortalizas 120 gr/planta	
• Árboles 2-3 Kg 1 Kg	Plantas de mezcla al 50% 4 cucharadas
• Rosales y leñosas 500 gr 1kg/m ²	interior con la tierra de por maceta
• Césped 1 kg/m ² 500 gr/m ²	Cultivo: Orquídeas mezcla al 10% 1 cucharada con la tierra de cultivo por maceta
• Hortalizas 120 gr/planta	

2.11.4.1 Diferencias del compost y vermicompost

Se podría decir que ambos procesos son similares ya que se llevan a cabo a través de la descomposición de desechos orgánicos, pero una de las principales diferencias entre ambos es que el proceso de vermicompostaje implica la acción conjunta de lombrices y microorganismos mientras que el compostaje utiliza únicamente microorganismo como son bacterias, hongos y levaduras.

Ahora que conocemos cada uno de los productos, llega el momento de hablar sobre las principales ventajas y desventajas de cada uno de ellos. En primer lugar, hablaremos sobre el compost y posteriormente haremos referencia al vermicompost.

La fertilización empleando Compost y Vermicompost tiene que ser realizada de una forma racional, esto implica que hay que tener conocimiento sobre los diferentes nutrientes que tiene y en qué porcentaje, para calcular las unidades de fertilización disponibles y la forma, para determinar el tiempo en que estas tardan en estar disponibles para las plantas, esto es importante sobre todo en fertilizantes como el nitrógeno.

2.11.4.2 Beneficios que aporta.

Por su alto porcentaje de ácidos húmicos y fulvicos (moléculas orgánicas complejas formadas por la descomposición de materia orgánica, diferenciadas por su solubilidad en diferentes solventes), permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y tiene un efecto regulador de nutrición, dado que estos ácidos incrementan la permeabilidad de las membranas en las plantas y por ende estimulan la absorción de nutrientes (Avilés, 2011).

Por su alta carga microbiana (*Asospirillum*, *BacillusMegaterum*, *Frauteriaaurentia*, *Trichodermaviride*, *PseudomonaFluorescens*, *BacillusSubtillis*, *MetarhiziumAnisopliae*, *Paecilomyceslilacinus*) restaura la actividad biológica del suelo puesto que esta carga microbiana facilita la absorción de nutrientes por las

raíces al aumentar la disponibilidad de nutrientes asimilables y además protege a la raíz de otros tipos de bacterias patógenas, nematodos, hongos e insectos del suelo (Avilés, 2011).

- Mejora la estructura del suelo haciéndolo más permeable, aumentando la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar nutrientes requeridos por las plantas.
- Tiene un pH neutro por lo que puede aplicarse en cualquier dosis sin riesgos para las plantas y el suelo, y debido a su gran bioestabilidad evita su fermentación o putrefacción, desarrolla y diversifica la micro flora y micro fauna del suelo (Avilés, 2011).

(Fertibox) también nos menciona algunas otras de las ventajas del uso de lombrihumus:

- Es un proceso menos laborioso ya que la actividad de las lombrices ayuda a mezclar, fragmentar y airear los desechos orgánicos.
- Es un producto con mayor calidad que el compost, y además, se obtiene más rápidamente.
- Debido a su elevada carga enzimática y bacteriana, se incrementa la solubilización de los nutrientes y esto hace que sean inmediatamente asimilables por las raíces, a su vez promueve la quelatación de ciertos micronutrientes.
- Evita la lixiviación de los nutrientes por el agua de riego, manteniéndolos durante más tiempo en el suelo por sus propiedades físico químicas.
- Favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas.
- Incrementa la disponibilidad de elementos esenciales como el nitrógeno, fósforo o potasio, y además, mejora la fertilización, sobre todo del nitrógeno.
- Ayuda a prevenir enfermedades y evita el shock por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad. Asimismo, previene el crecimiento de hongos y bacterias que pueden ser nocivas para las plantas.
- Debido a la actividad de las lombrices, se mejora la estructura de los suelos, así como la porosidad y la permeabilidad y ventilación (esto es así hay lombrices en el propio suelo).

- Por último, favorece el crecimiento y desarrollo de la flora microbiana debido a sus condiciones óptimas de aireación, permeabilidad y pH entre otros.
- Posee una gran concentración de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.

2.11.4.3 Propiedades del lombrihumus.

- Las propiedades del humus sólido de lombriz son las siguientes:
- Influye en la germinación de la semilla y el desarrollo de las plántulas, aumenta notablemente el porte de plantas, árboles y arbustos en comparación con otros ejemplares de la misma edad.
- Favorece la formación de micorrizas.
- Aumenta la resistencia de las plantas a las plagas y agentes patógenos.
- Favorece la absorción radicular.
- Aporta al desarrollo y diversificación del micro flora y micro fauna del suelo.
- Regula el incremento y la actividad de los nitritos en el suelo.
- Facilita la absorción de los elementos nutritivos, haciendo que las plantas asimilen los minerales como el fósforo, calcio, potasio, magnesio y oligoelementos.
- Transmite directamente del terreno a la planta: hormonas, vitaminas, proteínas y otras fracciones humidificadoras.
- Mejora las características estructurales del terreno, desligando los arcillosos y agregando los arenosos.
- Mejora la porosidad de los suelos, aumentando la aireación.
- Neutraliza eventuales presencias contaminadoras, (herbicidas, ésteres, fósforos) debido a su capacidad de absorción.
- Facilita y aumenta la eficacia del trabajo mecánico del terreno.
- Por los altos contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos mejora las características químicas del suelo.
- Aumenta la permeabilidad y la retención hídrica de los suelos (4-27%) disminuyendo el consumo de agua de los cultivos.

- Mejora la calidad y las propiedades biológicas de los productos del agro.
- Aumenta la resistencia a las heladas. www.humusor.com (2017).

2.12 OTROS PRODUCTOS DE LA LOMBRICULTURA.

2.12.1 Carne de lombriz.

La posibilidad de transformar en carne de alto valor proteico los desechos orgánicos, que en muchos casos constituyen un problema ecológico, es tal vez uno de los aspectos más sobresalientes de la Lombricultura. Si importante es el alto contenido de proteínas en la carne de lombriz (62-82%) más importante aún es su cantidad de aminoácidos esenciales (Cabrera, 2006).

La alta tasa reproductiva (duplica su población cada 90 días) y la rápida velocidad de crecimiento de la lombriz (come diariamente el equivalente a su propio peso), le permite producir toneladas de carne por hectárea a un costo como ninguna otra actividad zootécnica lo logra (Cabrera, 2006).

El humus de lombriz se cotiza ya en el mercado como el mejor abono natural para las plantas, pero los expertos en lombricultura miran más allá, concretamente al valor de la carne de este invertebrado, comestible y de gran poder nutritivo.

En la actualidad, la carne de lombriz, con un 70-80% de proteínas, aminoácidos, oligoelementos y vitaminas, entre otros compuestos, sólo se usa como alimento para los animales, sobre todo de aves y peces.

La alimentación es un gran determinante económico, político y social de los pueblos. Si durante sus primeros años una persona no logra un suministro adecuado de proteínas, lo más probable es que luego padezca deficiencias neurológicas que lo limiten para siempre.

Durante miles de años distintos pueblos de África y China encontraron en la carne de lombriz un complemento nutricional que ayudó a sostener su población y cultura a pesar de las condiciones más adversas.

Una propuesta para mejorar la alimentación en países en vías de desarrollo podría incluir la producción de proteína de anélidos a partir de materiales que no implican costo como restos de comida, desechos de la huerta, cáscaras, hojas, pasto, papel y estiércoles de rumiantes.

Por cada tonelada de estiércol fresco se produce 500 kilos de humus y 100 kilos de carne de lombriz. Cuando se hace la cosecha, una parte de las lombrices puede ser destinada a la continuidad del criadero y la otra a la elaboración de harina.

El proyecto podría ser viable en pequeñas comunidades donde se practique la agricultura y la ganadería. Así se evitarían gastos de transporte ya que la materia prima (estiércol y desechos vegetales) y los productos de elaboración (humus y carne de lombriz) se producirían y consumirían en el mismo lugar.

Cuando se introduce un nuevo alimento hay que tener en cuenta las costumbres locales. Los intentos de la FAO por ayudar a pueblos acosados por el hambre debido a la pobreza endémica o a algún desastre, están jalonados de historias de fracasos porque no se consideraron sus hábitos de alimentación.

2.12.2 Harina de lombriz

Si la cosecha de lombriz se destina a la producción de harina, es necesario separar las lombrices de su medio empleando una malla de alambre tejido y posteriormente se "filtra" o purga a las lombrices durante un día con un alimento basado en gelatina o en harina de maíz fina (sémola) con una humedad similar a la del alimento.

Se sacrifican a los animales en una solución salina (2 cucharadas de sal en un litro de agua). Finalmente, se secan al sol y se muelen. El resultado es un polvo de color amarillo de sabor agradable. La harina de lombriz, tiene una composición con más

de un 70% de proteínas de alto valor biológico y la totalidad de los aminoácidos esenciales, superando a la harina de pescado y la soya (Cabrera, 2006).

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 han desarrollado experimentos en el engorde de cerdos, observándose una mejor conversión alimenticia que con los balanceados comerciales reduciéndose los costos de producción de un 20 - 40%. Es necesario de 8 a 10 Kg. de lombrices vivas para producir 1 Kg. de harina (Cabrera, 2006).

En este sentido, la proteína de lombriz tiene una ventaja: se puede incorporar en pequeñas cantidades, de manera imperceptible, enriqueciendo los alimentos de consumo habitual bajo la forma de harina. Esta contiene del 62 al 82% de proteína de excelente calidad y la totalidad de los aminoácidos esenciales, superando a la harina de pescado y la soya.

Pero lo más importante, es que la lombriz roja californiana no padece ni transmite ninguna enfermedad conocida (Cuevas, 1991).

Hemos estado haciendo algunas experiencias y recopilando información sobre el tema, pero resta mucho por investigar. Un método de trabajo podría ser este:

- En primer lugar hay que separar lo mejor posible a las lombrices de su medio. Esto conviene hacerlo a mano o empleando una malla de alambre tejido.
- Luego se purga a las lombrices durante un día con un alimento basado en gelatina o en harina de maíz fina (sémola) con una humedad similar a la del alimento.
- Se sacrifican a los animales en una solución salina (dos cucharadas de sal en un litro de agua)
- Finalmente, se secan al sol y se muelen. El resultado es un polvo de color amarillo de sabor agradable.

La harina de lombriz, elaborada en forma industrial, se usa principalmente para la preparación de alimentos balanceados para la explotación intensiva de gallinas y pollos lográndose una mejor conversión alimenticia que con los balanceados comerciales reduciéndose los costos de producción de un 20-40%.

Como alimento vivo se emplea en la cría de ranas, pesca deportiva y piscicultura.
(Agrobit).

III. HIPÓTESIS

El ciclo reproductivo de la lombriz *Eisenia fétida* se modifica según el tipo de sustrato con que es alimentada por lo tanto la dinámica poblacional es mayor cuando estas son alimentadas con compost de estiércoles de equino

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar la reproducción de *Eisenia fétida* alimentada con compost de equino y compost bovino mediante el análisis y conteo poblacional de lombrices.

4.2 Objetivos Específico

Determinar las dinámicas poblacionales de la lombriz en cuanto a:

- Número de individuos maduros,
- Número de individuos preclitelados,
- Número de lombrices juveniles,
- Número de cocones
- Número de Lombrices recién eclosionados

V.MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización.

Los estiércoles se recolectaron en los corrales del rancho del Centro Universitario UAEM-Temascaltepec, localizado en el municipio de San Simón de Guerrero (100°6'27" O y 19°2'8" N), en el sur del Estado de México. El estiércol equino contiene paja de avena (20 %) y el estiércol de bovino rastrojo de maíz (10 %). De cada tipo de estiércol se tomó al azar una muestra de 1 kg, la cual fue identificada y colocada en una bolsa de plástico de cierre hermético (Ziplock®, 27 x 28cm), se depositó en una hielera y se trasladó al laboratorio para su análisis.

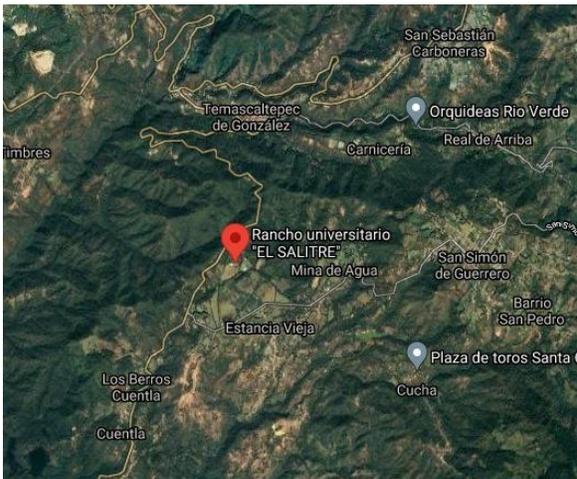


Figura 4 Localización.

5.2 Tratamientos.

Se realizaron dos tratamientos los cuales fueron el compost de estiércol equino y bovino usado como fuente de alimentación de la lombriz *Eisenia fétida* para determinar la dinámica poblacional cada uno de ellos con 4 repeticiones

5.2.1 Preparación del sustrato o compost

De cada tipo de estiércol se pesaron 1200 kg en una báscula línea industrial (marca: Nuevo León S.A. de C.V) y se formaron 6 pilas cónicas de 100 kg, cuyo diámetro

en Eb fue de 0.8 m de alto y 1m de diámetro en la base y en Eq. Las pilas se humedecieron con agua potable hasta alcanzar 80% de humedad y se acomodaron sobre una película plástica de polietileno bajo las sombra de árboles de Pinus. Se utilizó un medidor de humedad (Kelway).

Las pilas fueron volteadas manualmente el día 15 y 30 después de iniciado el compostaje utilizando una pala Trupper redonda (20 3/8" x 11 1/2"). Durante el proceso la humedad de las pilas se mantuvo a 80%, regando con agua potable.

La temperatura se monitoreo dos veces por semana durante las primeras tres semanas y una vez el resto del proceso, utilizando un termómetro de carátula para compost marca TFA (rango de -10°C hasta 90°C). La temperatura fue considerada indicador del final del proceso cuando se estabilizó a 20°C alcanzandose a los 45 días. De cada pila se tomaron al azar dos muestras de 1 kg de composta tomada a diferentes profundidades, Las cuales se identificaron y colocaron en bolsas de plástico de cierre hermético (Ziplock, 27 x 28cm), se depositaron en una hielera y se trasladaron al laboratorio para su análisis.

5.2.2 Inoculación

De cada compost se pesaran 240 kg en una báscula industrial; todo el compost se dividió en cuatro partes de 60 kg, cada una se colocó por separado en un vermirreactor (2.5 m x 1.0m x 0.90m) construidos con bloques de cemento. Cada uno se inculó con 80 lombrices cliteladas de *Eisenia fetida* con un peso vivo de 90 ± 10 g. Los vermirreactores estarán techados con láminas de acero y separados entre sí por un plástico con 4 repeticiones cada uno. Esto se realizó en los dos tipos de composta para determinar la dinámica poblacional de la lombriz roja californiana.

5.2.3 Mediciones de la dinámica de reproducción de la lombriz roja californiana (número/m² y g/m²).

Cuando las lombrices consumieron totalmente las compostas (Ce y Cb), 60 días después de la inoculación se comenzó con la cosecha de cada vermireactor se separaron los diferentes individuos de acuerdo a su etapa de maduración: clitelados, preclitelados, juveniles, recién eclosionados y cocones. Se tomó una muestra la cual fue pesada en una balanza electrónica de precisión (OHAUS SP 202®)

La biomasa total de lombrices (WBM) que se generó durante el proceso fue calculada mediante la fórmula $WBM= Ni (\mu A+\mu j)$ (Lalander, et.al 2015), donde:

Ni= número inicial de lombrices

μA = media de individuos adultos

μj = media de individuos juveniles

VI.DISCUSIÓN Y RESULTADOS.

Dar a conocer los resultados del trabajo de campo, es una premisa fundamental dentro de toda investigación, por lo tanto el presente capítulo tiene como propósito presentar los datos del trabajo experimental realizado en el área del lombricario y sustentarlos con datos encontrados en otras investigaciones del área.

6.1 Características físicas y químicas del compost.

Las características físicas y químicas de los compost y se presentan en el cuadro 6. El pH entre las compostas presentó variación, el estiércol de equino presentó menor pH (7.7) respecto al estiércol de bovino que presentó mayor pH alcalino (9.2). La alcalinización en el compost es resultado de la producción amoniacal y la liberación de bases (Ruíz 2012).

Valores alcalinos en el pH (7.5 a 8.5) del compost de la fracción sólida de bovinos fueron reportados por Brito, Mourao, Coutinho, Smith, 2008 atribuidas al efecto de amortiguamiento de los bicarbonatos.

Roca, Martínez, Mancilla, Boluda (2009) indican que el aumento de pH de un sustrato orgánico se debe a la actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica y por la liberación de iones hidroxilo en el medio.

Cuadro 6 características físicas y químicas del compost.

<i>Parámetro</i>	<i>Sustrato Orgánico</i>	<i>Compost</i>
	Ce	Cb
<i>pH</i>	7.7	9.2
<i>CE ds⁻¹</i>	2.5	12.2
<i>Da (g/cm³)</i>	0.3	0.4
<i>MO (%)</i>	71.2	66.4
<i>Co (%)</i>	24.9	38.5
<i>C/N</i>	27.6	21.4
<i>Nt</i>	0.9	1.8
<i>P (ppm)</i>	2,480	6,560
<i>CL (ppm)</i>	2,836	19,852
<i>Na (ppm)</i>	1,460	9,700
<i>Ca (ppm)</i>	9,800	27,200
<i>Mg (ppm)</i>	2,600	10,200
<i>Fe (ppm)</i>	3,000	3,050
<i>Zn (ppm)</i>	51	340
<i>Cu (ppm)</i>	10	51
<i>Mn (ppm)</i>	245	480
<i>B (ppm)</i>	1,020	1,320
<i>K (ppm)</i>	12,000	35,000

CE: conductividad eléctrica

Da: densidad aparente

MO: materia orgánica

Co: carbono orgánico

Nt: nitrógeno total

C/N : relación carbono nitrógeno

P: fosforo

CL: cloro

Na: sodio

Ca: calcio

Fe: hierro

Zn: zinc

Cu: cobre

Mn: manganeso

B: boro

K: potasio

ppm: partes por millón

Ce: compost equino

Cb: compost bovino

Mg: magnesio

Los análisis químicos del estiércol y la composta se realizaron en el laboratorio Phytomonitor S.A. Los análisis de las vermicompostas se realizaron en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México de acuerdo con la NMX-FF-109-SCFI-2008. Cada muestra se analizó por duplicado. El pH se midió con un potenciómetro (HANNA® Instruments 8521), la conductividad eléctrica (CE) mediante uso de conductivímetro marca DR-

3900 Perkin Elmer; la densidad aparente (D_a) se estimó con la fórmula $D_a=p/v$, donde p = peso de la muestra seca v = volumen ocupado por la muestra en mL; la materia orgánica (%Mo) se calculó ($Mo=100-\%$ cenizas) por diferencia de peso con él % de cenizas, capacidad de intercambio catiónico (CIC) mediante el método de Acetato de amonio (por titulación) Carbono orgánico (%Co) % de Mo entre factor Van Benmelen ($Co=\%Mo/ 1.724$), nitrógeno total (%Nt) por método microKjeldahl, relación C/N % de Co entre Nt ($C:N=\%Co/Nt$), fosfatos (PO_4) (mg/kg) método Morgan y boro (B) (mg/kg) por método Azomethine-H (Espectrómetro Ultravioleta/visible Cary 50). Sulfatos (SO_4) (mg/kg) por método turbidimétrico, potasio (K), magnesio (Mg), sodio (Na), calcio (Ca), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn) (mg/kg) por absorción atómica L.C.H. (digestión) (Analyst 400 Spectrometer PerkinElmer®).

6.2 Dinámica poblacional de *Eisenia fetida*

La dinámica poblacional que presentaron los compost fue mucho mayor en el Ce que en el Cb esto pudiéndolo atribuir a diferentes factores.

El porcentaje de aprovechamiento del estiércol transformado en vermicompost es aproximadamente del 50 % (Lalander et.al 2015).

El cuadro 7 presenta los resultados de la dinámica de reproducción de *E. fetida* obtenidos al final de proceso de vermicompostaje en cada tipo de sustrato o compost. El Ce presentó mayor número de lombrices adultas o cliteladas ($P=0.051$), precliteladas ($P=0.001$), juveniles ($P=0.009$), recién eclosionados ($P=0.069$) y cocones ($P=0.017$). (Acosta et.al 2012) evaluaron la dinámica poblacional de *E. fetida* utilizando cuatro tipos de alimentación (estiércol de borrego y residuos organodomésticos) reportando que el mayor número de individuos se encontró en la composta elaborada en estiércol maduro y lo atribuyen al contenido de materia

orgánica disponible para la lombriz.(Garg,et.al 2011) evaluó el crecimiento de *E. fetida* en estiércol solo y estiércol mezclado con residuos vegetales en distintas proporciones (100 % estiércol, 90-10 % de residuos, 80-20 %, 70- 30 %, 60-40 %, 50-50 % y 40-60 %) encontrando que el crecimiento poblacional fue mayor en mezclas de 90-10 % y 80-20 %, y afirman que el medio de crecimiento (tipo de alimento) que se proporcione a la lombriz tiene un efecto importante en la reproducción.

Cuadro 7. Dinámica de reproducción de *Eisenia fetida* alimentadas con compost de estiércol equino (Ce) y de estiércol bovinos (Cb).

<i>Compost</i>	<i>Clitelados</i>	<i>Preclitelados</i>	<i>Juveniles</i>	<i>Recién eclosionados</i>	<i>Cocones</i>
<i>Ce</i>	3976 ^a	4248 ^a	158888 ^a	6124 ^a	4880 ^a
<i>Cb</i>	1149 ^b	1228 ^b	2740 ^b	1946 ^b	1740 ^b
<i>P</i>	0.051	0.001	0.009	0.069	0.017

El Ve presentó mayor número de individuos total, pudiéndose atribuir a la mayor C/N derivada del material inicial (estiércol), además presentó mayor cantidad de microorganismos, teniendo en cuenta que éstos son fuente de alimentación de la lombriz, principalmente hongos y protozoarios

VII. CONCLUSIONES.

La dinamica de poblacional de Eisenia fetida mostro tasas de mayor crecimiento en el Vc en todas sus etapas fenologicas de la lombriz, alcanzando porcentajes de 580 (juveniles) y 346 (preclitelados) por encima del número de individuos reportados en el Vb pudiendose atribuir a una mayor C/N y una biomasa mayor de microorganismos.

IX.LITERATURA CITADA.

- Acosta Y., Zárraga A., Rodríguez L., Zauahre M.E. 2012b. Cambios en las propiedades fisicoquímicas en el proceso de compostaje de lodos residuales.
- Acosta Y., Zauahre M.E., Rodríguez L., Reyes N., Rojas D. 2012a. Indicadores de calidad bioquímica y estabilidad de la materia orgánica durante el proceso de compostaje de residuos orgánicos.
- Ahn H.K., Mulbry W., White J.W., Kondrad S.L. 2011. Pile mixing increases greenhouse gas emissions during composting of dairy manure.
- Asia I.O., Oladoja N.A., Bamuzi-pemu E.E. 2006. Treatment of textile sludge using anaerobic technology. Afr. J. Biotechnol.
- Bernal M.P., Alburquerque J.A., Moral R. 2009. Composting of animal manure and chemical criteria for compost maturity assessment. A review.
- Brito L.M., Coutinho J., Smith S.R. 2008. Methods to improve the composting process of the solid fraction of dairy cattle slurry.
- Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. (CIB). 2013. La composta.: importancia, elaboración y uso.
- Composición de los estiércoles. Biblioteca de Campo. Recuperado el 23 de marzo de 2018. Disponible en: <http://www.bibliotecadigital.com>
- Cook K.L., Ritchey E.L., Loughrin J.H., Haley M., Sistani K.R., Bolster C.H. 2015. Effect of turning frequency and season on composting materials from swine high-rise facilities. Waste Manage. 39, 86-95.
- Costa M.S.S.M., Cestonaro T., Costa L.A.M., Rozatti M.A.T., Carneiro L.J., Pereira D.C., Lorin H.E.F. 2014. Improving the nutrient content of sheep bedding compost by adding cattle manure. Journal of cleaner Production XXX: 1-6.
- Chen Y., Cheng J.J., Creamer K.S. 2008. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. Bioresour Technol. 99, 4044–4064.

- Díaz E. (2002).Manual de Lombricultura para Emprendedores y Productores del Agro. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior ADEX. Municipio Capital de la Rioja Argentina. P 26. Recuperado el 14 de junio de 2016.
- Díaz E. (2002).Manual de Lombricultura para Emprendedores y Productores del Agro. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior ADEX. Municipio Capital de la Rioja Argentina.
- Diaz L.F., De Bertoldi M., Bidlingmaier W., Stentiford E. 2007. Compost Science and Technology. Waste Management Series 8. Elsevier. Amsterdam, TheNetherlands. 357 p.
- El Kader N.A., Robin P., Paillat J.M., Leterme P. 2007. Turning, compacting and the addition of water as factors affecting gaseous emissions in farm manure composting. Bioresour Technol. 98, 2619-2628.
- Guo R., Li G., Jiang T., Schuchardt F., Chen T., Zhao Y., Shen Y. 2012. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. Bioresour. Technol. 112, 171-178.
- Hernández-Rodríguez, O.A., Hernández-Terrocal A., Rivera-Figueroa C., Arras Vota A.M, Ojeda-Barrios D. 2013. Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios. Terra Latioamericana 31 (1), 35-46.
- <http://www.incap.int/index.php/es/Lombricultura#:~:text=El%20cultivo%20de%20lombrices%20es,la%20productividad%20de%20las%20plantas>.
- J.A. Albuquerque, I. Bautista-Carrascosa, A. Lidón, R. García-de-la-Fuente, J. Girbent, M. Abad and J. Cegarra (2009). Co-composting an animal fatty-proteinaceous waste with a solid lignocellulosic by-product from the olive oil industry (“alperujo”). J. Chem. Technol. Biotechnol., 84: 918:926.
- Jha A.K., Li J., Nies L., Zhang L. 2011. Research advances in dry anaerobic digestion process of solid organic wastes. African Journal of Biotechnology 10 (65), 14242- 14253.

- Karthikeyan O.P., Visvanathan C. 2013. Bio-energy recovery from high-solid organic substrates by dry anaerobic bio-conversion processes: a review. *Rev Environ Sci Biotechnol.* 12, 257–284.
- Kulcu, R., Yaldiz O. 2007. Composting of goat manure and wheat straw using pinecones as a bulking agent. *Bioresour Technol.* 98, 2700-2704.
- Lazcano C., Gómez-Brandón M., Domínguez J. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere* 72, 1013-1019
- Li Y., Park S.Y., Zhu J. 2011. Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 821-826.
- López C. (2013). Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *TECNOCIENCIA Chihuahua* 7(2):81-87. Artículo arbitrado.
- M.A., HERNÁNDEZ M., ELORZA P. 2003. Evaluación de la densidad de población de la lombriz compostera (*Eisenia andrei* Savigni). *Revista UDO Agrícola* 3(1):12-16. (en línea) Universidad Veracruzana. MX. Consultado abril 2009. Disponible en: http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2221503&orden=73433
- Manual de lombricultura, Fundación Produce Chiapas, a.c. Recuperado el 28 de agosto de 2015. Disponible en: <http://www.producechiapas.org>
- Mejía P. (s.f.). Manual de lombricultura AGROFLOR. Villarrica Chile. Recuperado el 10 de marzo de 2017.
- Mejía P. (s.f.). Manual de lombricultura AGROFLOR. Villarrica Chile. Recuperado el 10 de marzo de 2017
- Monje J. (2011). Compostaje y Lombricultura Domiciliarios. Ministerio de Medio Ambiente y Agua MMAyA. La Paz Bolivia. Primera edición P 3.
- Montes M. & Ruiz M. (2013). Manual para el Manejo de Instalaciones Lombrícolas. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria acuícola

y Forestal del Estado de México ICAMEX. Administración Pública Estatal. Primera edición p 10

- Morales, M. J. C.; Fernández, R. M. V.; Montiel, C. A. y Peralta, B. B. C. 2009. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *BIOTecnia*. 11(1):19-26
- Oviedo-Ocaña E.R., Marmolejo-Rebellón L.F., Torres-Lozada P. 2014. Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 30 (1), 91-100.
- Pinos-Rodríguez J.M., García-López J.C., Peña-Avelino L.Y., Rendón-Huerta J.A., González-González C., Tristán-Patiño F. 2012. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia* 46: 359-370.
- Rodríguez E. (2016). Manual de Aprovechamiento de Residuos para la Producción de Abono Orgánico, a partir de la descomposición por la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*). Recuperado el 10 de marzo de 2017.
- Ruíz F.J.F. 2009. Ingeniería del compostaje. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 237 pp.
- SANTAMARIA S., FERRERA-CERRATO R. 2002. Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos. *Terra* 20:303-310. (en línea) Consultado abril 2009. Disponible en:<http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/3/art303-310.pdf>.
- SCHULDT M. 2008. Iniciación de lombricultivos de *Eisenia fetida* (y *E. andrei*) (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) con siembras de baja densidad. *Estrucplan* VIII(676):1- 7. (en línea). Consultado abril 2009. Disponible en:<http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDarticulo=2027>.
- SCHULDT M., RUMI A., GUTIÉRREZ D. 2005. Determinación de “edades” (clases) en poblaciones de *E. fetida* (*Annelida: Lumbricidae*) y sus implicancias reprobilógicas. *Revista del Museo de la Plata Zoología* 17(170):1-10. (en línea). Consultado abril 2009. Disponible en: http://www.fcnym.unlp.edu.ar/publi/revista/zoologia/2005-17-170-zoologia_alta.pdf.

- Silva P. (2015). Determinación de puntos críticos de temperatura, humedad y pH en los procesos de producción de los abonos orgánicos bokashi y lombriono como parte de la gestión de calidad.
- SMA. 2006. Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006. Requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos. Secretaria de Medio Ambiente. Gaceta del Gobierno. 9 de octubre de 2006.
- Soto, G. 2003. Abonos orgánicos: el proceso de compostaje. In: Gloria Meléndez y Gabriela Soto (eds.) Taller de abonos orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. pp 30 – 57
- Szabová E., Juriš P., Papajová I. 2010. Sanitation composting process in different seasons. *Ascarissuumas* model. *Wastemanage.* 30, 426-432.
- Trautmann N. 2000. National Engineering Handbook: Composting. [documento en línea] disponible: <http://www.cfe.cornell.edu/compost/microorg.html>.
- <https://inversanet.wordpress.com/2011/09/07/ciclo-biologico-y-desarrollo-de-eisenia-foetida-lombriz-roja/>
- <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/lombricultura/>
- <https://www.fertibox.net/single-post/compost-vermicompost>.
- [http://www.agrobit.com/Documentos/I_1_6_Lombricu/334_mi000007lo\[1\].htm](http://www.agrobit.com/Documentos/I_1_6_Lombricu/334_mi000007lo[1].htm)
- <https://www.planetahuerto.es/revista/que-es-el-humus-de-lombriz>.

X. ANEXOS.



Figura 5. Pilas de las heces colectadas.



Figura 6. Pila de heces en proceso de composteo.



Figura 7. ventilacion manual de la composta.



Figura 8 Toma de temperatura de las pilas.



Figuran 9 lombrices inoculadas.



Figura 10: cosecha de lombrices



Figura 11 cocones.



Figura 12 Cocones recién eclosionado



Figura 13. Lombriz juvenil.



Figura 14. Lombrices precliteladas



Figura 15. Lombriz clitelada