

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE AGRONOMÍAS
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA



Vermicomposta para uso agrícola utilizando la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* (Savigny, 1826)

Por:

NAYELI BERENICE ESCALANTE LÓPEZ

MONOGRAFIA

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGIA

Torreón, Coahuila, México

Noviembre del 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

Vermicomposta para uso agrícola utilizando la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* (Savigny, 1826)

POR:

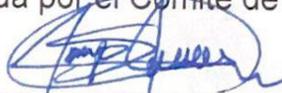
NAYELI BERENICE ESCALANTE LÓPEZ

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



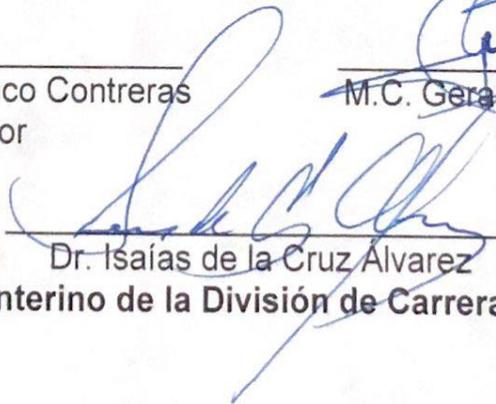
Dr. Jesús Vásquez Arroyo
Asesor Principal



M.C. Eduardo Blanco Contreras
Coasesor



M.C. Gerardo Zapata Sifuentes
Coasesor



Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México.

Noviembre 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

Vermicomposta para uso agrícola utilizando la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* (Savigny, 1826)

POR:

NAYELI BERENICE ESCALANTE LÓPEZ

MONOGRAFÍA

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Aprobada por:



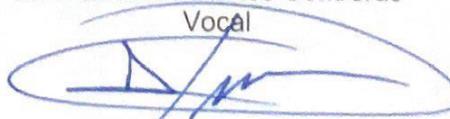
Dr. Jesús Vázquez Arroyo
Presidente



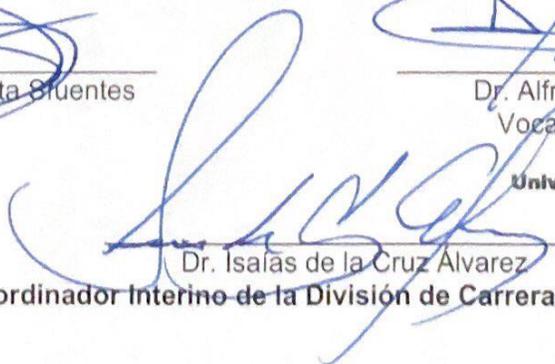
M.C. Eduardo Blanco Contreras
Vocal



M.C. Gerardo Zapata Fuentes
Vocal

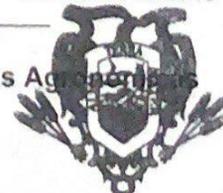


Dr. Alfredo Ogaz
Vocal Suplente



Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agrícolas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

Torreón, Coahuila, México.

Noviembre 2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitir seguir mi camino y por haberme brindado salud en el transcurso de mi carrera y llegar hasta donde hoy estoy.

De igual manera agradezco a mis padres por el apoyo que me brindaron durante mi carrera que pese a todo estuvieron conmigo. A mis hermanos que a pesar de la distancia me dieron su apoyo y confianza incondicional y me dieron ánimos para seguir adelante.

A mi esposo Fredy Armando Alfaro Vázquez y mi bebe por el apoyo incondicional y apoyarme en el transcurso de mi carrera, que pese a los problemas siempre estuvo a mi lado dando ánimos para seguir adelante.

A mis amigos Karla Adriana Tungüi Calderón. Yanet Simón Guillermo. Abelardo Casiano Ramírez. Reyna victoria Alfaro Vázquez. Pedro Edwards Solar Cruz. Laura Duarte Reyes. Por haberme brindado sus amistad y el apoyo y sus palabras de aliento que me hicieron una mejor persona y superar cualquier obstáculo.

Al Dr. Jesús Vásquez Arroyo por brindarme su apoyo en la realización de este proyecto.

A mi ALMA MATER. Por abrirme la puerta de sus instalaciones, y permitirme continuar con mis estudios y formado como profesionista.

A todos los profesores del departamento de la carrera de agroecología por haberme brindado parte de su tiempo, por sus consejos durante la carrera para ser mejor persona.

DEDICATORIA

A mis padres:

Mariolinda Carolina López Roblero

Francisco Escalante Barrios

A mis hermanos:

William Romeo Escalante López

Francisco Adrián Escalante López

Heydi Flavia Escalante López

Suyevi Yenire Escalante López

Mi esposo

Fredy Armando Alfaro Vázquez

Y mi hijo Diego Aarón Alfaro Escalante

Les dedico este trabajo a ellos que siempre estuvieron conmigo que con sacrificio me sacaron adelante y que sin ellos no estaría en esta etapa de mi vida, por todos sus consejos que me ayudaron a salir adelante y ser la persona que hoy en día soy.

Mi esposo por estar a mi lado pese a los problemas, de no soltar mi mano y seguir adelante juntos y mi bebe quien es mi motivo para seguir luchando día a día.

Y dedicatoria especial para mi angelito quien es mi motor de vida. Quien me enseñó que a los mejores guerreros se les da las mejores batallas. Y la fuerza para soportar cualquier problema. Bryan Antuan Alfaro Escalante mi niño quien fue mi inspiración a lograr lo que un día quise ser.

INDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
INDICE DE CONTENIDOS	iii
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
1. INTRODUCCION	1
1.1. OBJETIVOS	3
1.1.1. GENERALES	3
1.1.2. ESPECIFICOS	3
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1. HISTORIA DE LA AGROECOLOGIA	4
2.2. DE LAS RESISTENCIAS A LAS ALTERNATIVAS DE LA AGROECOLOGIA EN MEXICO	5
2.3. TRAYECTORIA DE FORMACION DE RECURSOS HUMANOS	7
2.4. ANTECEDENTES DE LA VERMICOMPOSTA	8
2.5. HUMUS DE LOMBRIZ	12
2.6. LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA	14

2.6.1.	CICLO BIOLÓGICO	17
2.6.2.	CLASIFICACION TAXONOMICA	18
2.7.	DESCRIPCION DEL PROCESO	21
2.7.1.	ETAPA MESOTERMICA (10-40 °C)	22
2.7.2.	ETAPA TERMOGENICA (40-75 °C)	23
2.7.3.	ETAPA MESOTERMICA	23
2.8.	FITOTOXICIDAD	23
2.9.	OXIGENO	23
2.10.	HUMEDAD	24
2.11.	TEMPERATURA	24
2.12.	Ph	¡Error! Marcador no definido.
2.13.	CARBONO	25
2.14.	POTENCIAL REPRODUCTIVO	25
2.15.	USO DE POTENCIAL PARA VERMICOMPOSTAJE	25
2.16.	USO DE SUSTRATOS PARA VERMICOMPOSTAJE.....	27
2.17.	NORMATIVIDAD EN LA PRODUCCION DE VERMICOMPOSTA.....	31
2.18.	ENEMIGOS NATURALES	34
2.19.	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CAMAS	35
2.20.	MERCADO DEL VERMICOMPOSTAJE.....	42

2.21. RECOMENDACIONES AGROECOLOGICAS EN EL USO DEL VERMICOMPOST Y SUS DERIVADOS.....	44
2.22. FUTURO DEL VERMICOMPOSTAJE	46
3. CONCLUSIONES	48
4. LITERATURA CITADA	49

INDICE DE CUADROS

CONTENIDO	Pág.
Cuadro 1. Ejemplo del efecto de la vermicompost sobre algunas variables de <i>Aloe vera</i> (Nejatzadeh <i>et al.</i> , 2019).	11
Cuadro 2. Relación C/N (carbono/nitrógeno) de algunos alimentos (García, 2015).	40
Cuadro 3. Posibles problemas y soluciones durante el vermicompostaje (Melgar y Fernández, 2012).	41
Cuadro 4. Dosis de empleo de humos de lombriz, en distintas aplicaciones agrícola (Morales <i>et al.</i> , 2006).	44

INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	Pág.
<p>Figura 1. Efectividad de los nódulos de soya a través de los experimentos. En la imagen C, se observa el efecto positivo de incremento del vermicompost e incremento de la efectividad de los nódulos de la leguminosa (Nejatzadeh <i>et al.</i>, 2019).</p>	11
<p>Figura 2. Peso promedio que se mantiene en <i>Eisenia foetida</i> durante el proceso de vermicompostaje en diferentes sustratos (Durán y Henríquez, 2009).</p>	15
<p>Figura 3. Anatomía de <i>Eisenia foetida</i> (Díaz, 2002).</p>	19
<p>Figura 4. Efecto del té de vermicompost (VCT) preparado de vermicompost curado parcial (PVC), en comparación con agua o sin vermicompost (NVC) sobre la incubación de M. Incógnita por 15 días de incubación en dos ensayos (Mishra <i>et al.</i>, 2017).</p>	27
<p>Figura 5. Valores promedio del número de cocones seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente para el día de la determinación, de acuerdo a las pruebas de Tukey ($P \leq 0.05$), con diferentes mezclas de bagaso y estiércol de bovinos (Bath <i>et al.</i>, 2015).</p>	29
<p>Figura 6. Microfotografía por SEM de flores de vermicomposteadas después de 80 días como sigue: (c) Compost control; (E2) Vermicompost + <i>Azospirillum</i>; (E3) Vermicompost + <i>Phosphobacterium</i>; (E4) Vermicompost + algas cianofitas y (E5) Vermicompost + <i>Rhizobium</i> (Senthil <i>et al.</i>, 2014).</p>	30
<p>Figura 7. Cromatografía biodinámica en papel de los desechos de flores vermicomposteadas después de 80 días como sigue: (C) Compost control; (E1) Vermicompost; (E2) Vermicompost + <i>Azospirillum</i>; (E3) Vermicompost + <i>Phosphobacterium</i>; (E4) Vermicompost + algas cianofitas y (E5) Vermicompost + <i>Rhizobium</i> (Senthil <i>et al.</i>, 2014).</p>	30

Figura 8. Flujo de la materia orgánica a descomponer mediante el vermicompostaje (Chanu <i>et al.</i> , 2018).	36
Figura 9. Ejemplos de tipos de lombrices que se pueden emplear para el proceso de vermicompostaje (Chanu <i>et al.</i> , 2018).	37
Figura 10. Lombrices rojas californiana en estado de madurez (chanu <i>et al</i> 2018).	38
Figura 11 Las lombrices y la agricultura, información técnica (García, 2015).	40
Figura 12. Superficie cultivada con productos orgánicos en México 2011, por hectáreas (Garay <i>et al.</i> , 2015).	41
Figura 13. Cambios en la biomasa y respiración microbiana durante el proceso de vermicompostaje durante 91 días (Domínguez <i>et al.</i> , 2019).	46
Figura 14. Cambios en la comunidad bacteriana (a nivel de Phylum) durante el proceso de vermicompostaje de una fabacea (<i>Cytisus scoparius</i> , bruja dorada). El dendograma representa las diferencias de comunidades bacterianas, con base a sistemas estadísticos, método Ward (Domínguez <i>et al.</i> , 2019	47

RESUMEN

La agroecología fue adoptada por las organizaciones no gubernamentales en la década de los 80s y 90s impulsadas por el movimiento Agroecológico Latino Americano y por el Consorcio Latino Americano de Agroecología y Desarrollo. El incremento de la producción agrícola, así como su calidad nutricional a un bajo costo, es y será representando un desafío en las zonas rurales del mundo. Vermicompost es una enmienda orgánica de bajo costo conocida por su efectividad en incrementar la productividad agrícola, pero se difunde poco sobre su eficacia en la calidad nutricional de los alimentos generados. Algunos problemas importantes que enfrentan los suelos agrícolas son: la erosión y la pérdida de su fertilidad, a causa del mal manejo de fertilizantes químicos. En los últimos años la agricultura orgánica en México ha ido adquiriendo cada vez más importancia, donde los abonos orgánicos el cual es un producto de descomposición y transformación de materia vegetal, animal, tales como desechos domésticos, residuos de cosecha e incluso residuos industriales y estiércoles, son fundamentales en el proceso. El vermicompostaje es una alternativa para el manejo adecuado de los desperdicios orgánicos convertirlos en productos útiles, lo que permitirá satisfacer la demanda de nutritiva de los cultivos agrícolas, como también reduce el uso de fertilizantes sintéticos. Además, conserva e incrementará la fertilidad de los suelos, mejora su estructura, retiene de manera óptima el agua y el aire, reduce la contaminación y es un material natural el cual no es toxico para los humanos, animal o plantas o al medio ambiente a diferencias de los fertilizantes químicos. La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), representa el actor principal durante el proceso de transformación de los residuos orgánico.

Palabras Claves: Biotransformador, Vermicompost, Lombriz roja, *Eisenia foetida*

1. INTRODUCCION

La generación de residuos sólidos orgánicos en las actividades urbanas, agropecuarias e industriales, está estrechamente relacionado con el modelo productivo actual y representa una de las principales formas de deterioro del medio ambiente al no existir un aprovechamiento racional o un reciclaje sistemático de los mismos (Moreno, 2005).

El deterioro de la fertilidad del suelo por la pérdida de nutrientes y materia orgánica, erosión, salinidad y contaminación del ambiente son las consecuencias negativas de la práctica agrícola convencional (Garg *et al.*, 2006).

Los abonos orgánicos son material que aportan al suelo la cantidad apreciable de materia orgánica y a los cultivos elementos nutritivos asimilables, estos materiales contienen numerosos elementos nutritivos, pero sobre todo macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio (Rosales *et al.*, 1998).

El estiércol es material orgánico empleado para fertilizar la tierra, está compuesto generalmente por heces y orina de animales domésticos. Es rico en nitrógeno, fósforo y potasio, como también en materia orgánica, por lo que aumenta la fertilidad del suelo y mejora su capacidad de absorción y retención de agua (Román *et al.*, 2013)

Las prácticas para el manejo de la fertilidad de los suelos constituyen un componente esencial de cualquier sistema de producción agrícola cuyo objetivo sea la obtención de altos rendimientos; así como también pretende preservar, recuperar y mejorar las características de los suelos para garantizar su productividad en el tiempo, además de incorporar y reponer los nutrientes esenciales demandados por los cultivos que el suelo no puede suplir oportunamente en la cantidad y calidad requerida (Matheus *et al.*, 2007).

La elaboración de abonos orgánicos constituye una práctica importante para el reciclaje de algunos de los desechos generados por la agricultura, agroindustria, así como la conversión de estos subproductos en materiales que puedan utilizarse para la mejora del suelo (Uribe, 2003).

Los abonos orgánicos son un elemento crucial para la regularización de muchos procesos que tienen relación con la productividad agrícola, ya que son bien conocidas sus principales funciones, tales como sustrato o medio cultivo, cobertura o mulch, mantenimiento de los niveles originales de la materia orgánica del suelo, complemento o reemplazo de los fertilizantes de síntesis, el último aspecto es muy importante ya que debido al auge de su implementación en sistemas de producción limpia e inapropiado (Agüero y Alfonso, 2014).

Los desechos sólidos orgánicos representan una seria de amenazas para el medio ambiente a medida que el mundo lucha por mantenerse al día con su rápida generación. Las tecnologías de tratamiento biológico de residuos, como el vermicompostaje, se consideran ampliamente como un método limpio y sostenible para gestionar los residuos orgánicos (Lim *et al.*, 2016).

Del total de residuos que diariamente se genera por las actividades humanas, éstas corresponden a materiales biodegradables (Duran y Henrique, 2009).

El compostaje es una práctica ampliamente aceptada como sostenible y utilizada en todos los sistemas asociados a la agricultura como también ofrece un enorme potencial para los sistemas agroecológicos y combina la protección del medio ambiente con una producción agrícola sostenible (Román *et al.*, 2013).

La vermicomposta es un producto el cual cuenta con una ventaja competitiva en relación a los demás abonos que actualmente está tiende incrementarse por parte de los consumidores a los productos verdes, aunque esto tiende a tener muy poco conocimiento sobre el producto, este resulta con un valor potencial para el consumidor.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. GENERALES

Recabar información sobre el comportamiento, uso y ventajas de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Savigny, 1826), en la biotransformación de residuos orgánicos agropecuarios.

1.1.2. ESPECIFICOS

Conocer los beneficios que tiene el vermicompost, así como el manejo tanto para agricultores, en general.

Presentar el estado de la información de residuos agropecuarios y su biotransformación mediante *E. foetida*, trabajando sustentablemente para la producción agropecuaria de México.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. HISTORIA DE LA AGROECOLOGIA

Los conocimientos y las prácticas utilizadas por los indígenas y campesinos de Mesoamérica, los Andes y el trópico húmedo constituyen las raíces de la Agroecología en América Latina. En la década de los 70s y 80s del siglo pasado, Steve Gliessman y su grupo en el entonces Colegio Superior de Agricultura Tropical (CSAT) en Tabasco, México, inspirados por el trabajo de Efraim Hernández-Xolocotzi reconocieron que esta información empírica basada en la observación y en la práctica y con fuerte arraigo cultural, constituía una fuente de conocimiento para conceptualizar y aplicar la Agroecología. A inicios de los 80s hubo una corriente de la Agroecología que surgió de la crítica a la revolución verde como inapropiada para los campesinos y que utilizaba tecnología agroquímica de alto impacto ambiental. El libro de Miguel Altieri “Agroecología: bases científicas de la agricultura alternativa” publicado en Chile en 1982 refleja esta corriente más agronómica de la Agroecología. También aparecieron otros textos en la época que, aunque no eran directamente tratados de Agroecología, si reforzaban la profundización de temas claves; figuran entre estos: Agroecosistemas de Robert Hart en Costa Rica, Manejo ecológico do solo de Ana Primavesi en Brasil, Ecología de Juan Gastó en Chile, Testamento Agrícola de Mario Mejía en Colombia y otros (Astier *et al.*,2015)

La agroecología fue adoptada fuertemente por las organizaciones no gubernamentales en la década de los 80s y 90s impulsadas por MAELA (Movimiento Agroecológico Latino Americano) y por el Consorcio Latino Americano de Agroecología y Desarrollo (CLADES) que constituyó un programa regional de investigación, capacitación y extensión diseñado a fortalecer a los técnicos y campesinos en los principios y prácticas de la agroecología. En la década de los 90 Eduardo Sevilla-Guzmán y su grupo del Instituto Superior de Estudios Comerciales (ISEC) desarrollan el cuerpo teórico de la sociología agroecológica que reformula los antiguos supuestos y enfoques sociológicos para un nuevo estilo de desarrollo agrícola y rural. Esta perspectiva más sociocultural es también reforzada por las contribuciones etnoecológicas de Víctor Manuel Toledo, de la UNAM en México (Astier *et al.*,2015)

La agroecología se pone de manifiesto de diferentes maneras. Inicia a finales del siglo pasado, en las décadas de los 80s y 90s, siendo una disciplina científica que ofrece alternativas a la RV en la medida que, para estudiar los agroecosistemas e incidir en el desarrollo de la agricultura, moviliza elementos tanto de la ecología como de los sistemas agrícolas tradicionales. En el 2007 surge SOCLA, con el objetivo de promover a la agroecología, como la base científica de una estrategia para el desarrollo sustentable en América Latina. Este organismo, enfatiza la soberanía alimentaria, la conservación de los recursos naturales, la agrobiodiversidad, y busca el empoderamiento de los movimientos sociales rurales (Wezel y Soldat, 2009).

La agroecología está basada en un conjunto de conocimientos y técnicas que tienen su origen en las comunidades campesinas y en sus modos de experimentación (Altieri y Toledo 2011). Dichos conocimientos son tan ricos y diversos como lo son los paisajes y grupos étnicos y culturales de América latina. En el México de principios del siglo XX prevalecía una alta diversidad de cultivos, conocimiento indígena en las comunidades rurales además de las grandes haciendas donde imperaban los aperos de labranza, animales y semillas, como el trigo, traídas por los españoles, y se empezaban a utilizar insumos externos como el Guano de Chile y otros. Desde los 40s, hay una presión ideológica desde USA y en países como México e India se impulsa la idea de modernizar las prácticas agrícolas para aumentar la productividad del suelo y de la mano de obra con el objetivo de modernizar e industrializar sociedades consideradas como primitivas y rurales (Perkins, 1990).

2.2. DE LAS RESISTENCIAS A LAS ALTERNATIVAS DE LA AGROECOLOGIA EN MEXICO

Cotter (2003) menciona que la introducción, estabilización y adopción del modelo agroindustrial en México fue un proceso complejo en el que participaron agentes e instituciones diversas, dicho proceso de modernización inició tras el fin de la Revolución Mexicana, cuando mediante distintas estrategias se buscó transformar el paisaje agrícola a través nuevas técnicas e instrumentos.

En el contexto señalado, a partir de los años 1940 podemos encontrar actores, instituciones y programas de investigación que, mediante su oposición al modelo agroindustrial o la búsqueda de estrategias alternativas a este, marcan un parte aguas fundamental para entender la historia de la agroecología en México. En este sentido, es importante mencionar la temprana oposición que en 1941 manifestó el geógrafo Carl Sauer respecto del proyecto de la FR para intervenir la agricultura mexicana. Ante la idea de promover las semillas híbridas, los agroquímicos y la mecanización en la agricultura, Sauer alertó de los riesgos que implicaba esa vía de modernización para la economía, la cultura y los recursos genéticos locales. En este mismo sentido los agrónomos Edmundo Taboada, Edmundo Limón y Pandurang Khankhoje alertaron en México sobre los problemas que implicaba la adopción de las variedades híbridas al obligar al campesino a comprar anualmente la semilla. Pues las variedades híbridas perdían rápidamente su vigor híbrido y dejaban de ser rentables. Así como al uso de los llamados paquetes tecnológicos y, en contrapartida buscaron desarrollar las llamadas Variedades Estabilizadas capaces de ofrecer altos rendimientos y ser sembradas indefinidamente (Muñoz 2000, Barahona 2003).

El uso de pesticidas y fertilizantes químicos también generó discusiones y búsqueda de alternativas desde finales de 1930. En este sentido, diversos autores discutieron sobre la conveniencia del llamado combate biológico de plagas o el uso de abonos verdes y la rotación de cultivos entre otras estrategias. Entre otros, Silverio Flores Cáceres, Rodolfo P. Peregrina, Juan del Toro, Reggie J. Laird, Mariano Jiménez, Fidencio Puente, Horacio Aburto V. y Eleazar Jiménez J. publicaron artículos mostrando la eficacia de los métodos agroecológicos en las revistas *Chapingo* de la Escuela Nacional de Agricultura, *Agricultura y Ganadería* dirigida por Rafael A. Osorio o *El Campo* dirigida por Amando Palafox. Es preciso consignar los trabajos de Maximino Martínez (1888-1964) tales como el Catálogo alfabético de nombres vulgares y científicos de plantas que existen en México (Martínez 1923), *Las plantas más útiles que existen en la República Mexicana* (Martínez 1928) y *Las Plantas Medicinales de México* (Martínez 1933), de Augusto Pérez Toro (1902-1974) tales como *La Milpa* (Pérez 1942) –reeditado en 1946 con algunos elementos adicionales

bajo el título La agricultura milpera de los Mayas de Yucatán– y El indio en la agricultura (Pérez 1949), de Manuel Maldonado Koerdell (1908-1972) el texto Estudios etnobiológicos. Definición, relaciones y métodos de la etnobiología (Maldonado-Koerdell 1940), así como la labor docente y de investigación de los franceses Gabriel Itie y León Fourton, quienes desde la Escuela Nacional de Agricultura señalaron que antes de “modernizar” la agricultura mexicana, se debía prestar atención a los saberes locales porque son el fruto de un conocimiento acumulado por generaciones y la forma más certera de asegurar la producción año tras año (Cotter y Osborne, 1996).

Gliessman (2013) ha señalado la importancia de tres iniciativas académicas: Por un lado, la creación del seminario “Análisis de los agroecosistemas de México” en 1976, que sirvió como espacio aglutinador de la emergente comunidad de agrónomos, biólogos y antropólogos interesados en que “el estudio de la tecnología agrícola tradicional, practicada en amplias regiones del país, quede incorporada a la enseñanza agrícola en todos sus niveles para que el futuro profesionista se incorpore a la corriente milenaria de México y esté en condiciones de coadyuvar con eficiencia al desenvolvimiento global agrícola.

2.3. TRAYECTORIA DE FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

A finales de los ochenta se proponen los primeros programas de licenciatura en agroecología, mismos que arrancan de manera formal a inicio de los años noventa. En el Colegio de Postgraduados, los maestros Efraím Hernández Xolocotzi (1913-1991) y Ángel Palerm Vich (1917-1980), ejercieron una gran influencia en la docencia y la investigación. Además, en los 90s, Tomas Martínez Saldaña, Javier Trujillo Arriaga y Roberto García Espinoza (1944-2012), formaron grupos de trabajo multidisciplinarios alrededor del tema la agricultura campesina frente al tratado de libre comercio. Ronald Ferrera Cerrato organizó simposios internacionales sobre agroecología, sostenibilidad y educación. Con todas estas influencias, la agroecología en el CP, se instaló en 1995 con un curso coordinado por Julio Sánchez Escudero. A partir de entonces se han

creado más cursos y, recientemente, se aprobó la Maestría en Agroecología y Sustentabilidad (Astier, *et al* 2015).

En 1994 se fundó El Colegio de la Frontera Sur y en 1995 se abrió el doctorado con orientación en Agroecología y manejo de plagas. El legado de Hernández X, con una gran influencia en el grupo, se complementó con la perspectiva de sistemas complejos, conservación y función de la biodiversidad en agro-paisajes de John Vandermeer e Ivette Perfecto, además del enfoque de sistemas agroforestales del CATIE. El grupo de agroecología está hoy formado por 24 investigadores concentrados principalmente en la Unidad San Cristóbal de Las Casas; tiene como actividad principal la formación de recursos humanos en agroecología, y con ese objetivo se rediseñó en enero del 2015 la orientación del doctorado y ahora se llama Agroecología y Sociedad. En el 2007, en el Instituto Politécnico Nacional se creó la maestría en Ciencias en Manejo Agroecológico de Plagas y Enfermedades. Ésta tiene como propósito formar recursos humanos con conocimientos, habilidades y aptitudes que les permitan realizar investigación sobre problemas fitosanitarios y ofrecer alternativas de manejo ambientalmente racionales y sostenibles para el sector agrícola (Astier *et al.*, 2015).

2.4. ANTECEDENTES DE LA VERMICOMPOSTA

El vermicompostaje es un proceso biotecnológico en el cual permite biodegradar residuos orgánicos bajo condiciones aeróbicas y mesofilas. Por la acción conjunta de las lombrices y microorganismos, en este proceso se aprovechan las capacidades detriboras de las lombrices como la acción de las enzimas digestivas y microflora aeróbica y anaeróbicas presentes en sus intestinos. Un aspecto importante del proceso es el funcionamiento y biodiversidad de las microbianas que participan en la transformación de los residuos, en el manejo de esta tecnología requiere el entendimiento de los mecanismos complejos en relación a lombriz-microorganismo que están actuando para aumentar la tasa de descomposición de la materia orgánica (Cornelio y Canepa., 2016).

El vermicompostaje son técnicas que se utilizan para la transformación de los residuos sólidos orgánicos, sin embargo, durante este proceso se liberan desechos que agreden al ambiente, el sustrato que se utiliza para la alimentación de las lombrices debe de pasar por el periodo de compostaje que es muy conocido como precompostaje (Acosta *et al.*, 2013).

Durante la vermicomposición, los anélidos, ingieren gran cantidad de desechos y los trituran en la molleja. Luego, se digieren químicamente y se absorben en el cuerpo. Sin embargo, el resto del material se excreta como "vermiresiduos" que acreditan el enriquecimiento en la porosidad del suelo, la aireación y la producción de agregados (Coulibaly *et al.*, 2018).

La excreción de lombrices de tierra en forma de residuo es rica en macro, micronutrientes y microorganismos valiosos del suelo y consiste en agregados más estables al agua en comparación con el suelo cercano (Sari *et al.*, 2017; Baghel *et al.*, 2018).

El aumento de la producción agrícola, así como su calidad nutricional a un costo soportable por los productores, es hoy un desafío en las zonas rurales. Vermicompost es una enmienda orgánica de bajo costo conocida por su efectividad para incrementar la productividad agrícola, pero se difunde poco sobre su eficacia en la calidad nutricional (Coulibaly *et al.*, 2018).

Sus usos como bioplaguicida plantea buena expectativa para el control de patógenos en cultivos, de esta manera limitar el uso de pesticidas químicos. En los últimos años se han buscado diferentes alternativas para el manejo de los desperdicios orgánicos y convertirlos en productos útiles. El vermicompostaje es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas microbiológicas el cual la materia orgánica sufre al pasar a través del tracto digestivo de las lombrices, como sustrato permite satisfacer la demanda nutritiva en cultivos como hortícolas en invernaderos, reduce el uso de fertilizantes sintéticos como también el vermicompost contiene sustancias activas el cual actúan como reguladores de crecimiento, y elevan la capacidad de intercambio catiónico, alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de

retención de humedad, la porosidad, lo que facilita la aireación, drenaje del suelo y los medios de crecimiento (Hernández *et al.*, 2015).

Hoy en día el vermicompostaje es una eco-tecnología viable, y sencilla y productiva en la fabricación de abono orgánico, ya que genera una excelente calidad de producto. La vermicompostaje en esta toma provecho a las cualidades biológicas tanto como fisiológicas de las lombrices en su descomposición aeróbica de la materia orgánica (Méndez *et al.*, 2006).

El vermicompost constituye una fuente de nutrientes de liberación lenta, esto quiere decir que se va poniendo a disposición de la planta a medida que esta lo va necesitando, la adición de vermicompost ayuda a producir una mejora significativa tanto en las propiedades físicas como en los sustratos artificiales de cultivos, como del suelo (Domínguez *et al.*, 2010).

Se ha demostrado que el uso de vermicomposta a los suelos y sustratos de cultivo incrementa el crecimiento y productividad de una gran cantidad de cultivos hortícolas, los cuales son el tomate, la lechuga, los pimientos, ajos, las fresas, como también algunas plantas medicinales, algunas leguminosas está el garbanzo verde, está las gramíneas como el sorgo y el arroz, y hierbas aromáticas como la albahaca, frutales, el plátano y la papaya, entre otro (Domínguez *et al.*, 2010).

El vermicompost también puede provocar una mayor disminución de metales pesados biodisponibles en el proceso de compostaje, y hay evidencia de que éste, puede contener más compuestos similares a la hormona disponibles que aceleran el crecimiento de las plantas que el compost y, por lo tanto, pueden acortar el ciclo de producción de las plantas (Najar *et al.*, 2019; Lim *et al.*, 2016).

Así mismo, puede presentar un efecto significativo y sustituir la fertilización de nitrógeno mineral (Cuadro 1), como se demostró para el caso de la producción del *Aloe vera*, mientras que en la leguminosa (Soya; *Glicine japonicum*), (figura 1), se incrementa la efectividad de los nódulos con el incremento de la cantidad de N de la vermicompost (Nejatzadeh *et al.*, 2019).

Cuadro 1. Ejemplo del efecto de la vermicompost sobre algunas variables de *Aloe vera* (Nejatzadeh *et al.*, 2019).

Nitrógeno	Nivel	Biomasa Total (kg)	Diam tallo (cm)	No. Hojas
Vermicompost	0	2.29 d	40.93 a	20.58 c
	500	3.70 c	45.24 ab	21.30 b
	1000	4.11 b	46.92 a	21.81 a
	1500	5.09 a	46.46 a	22.13 a
	0	3.06 d	43.82 b	20.17 b
	75	3.34 c	43.73 b	20.28 b
	150	4.09 b	48.16 a	22.80 a
	200	4.62 a	46.34 a	20.59 c

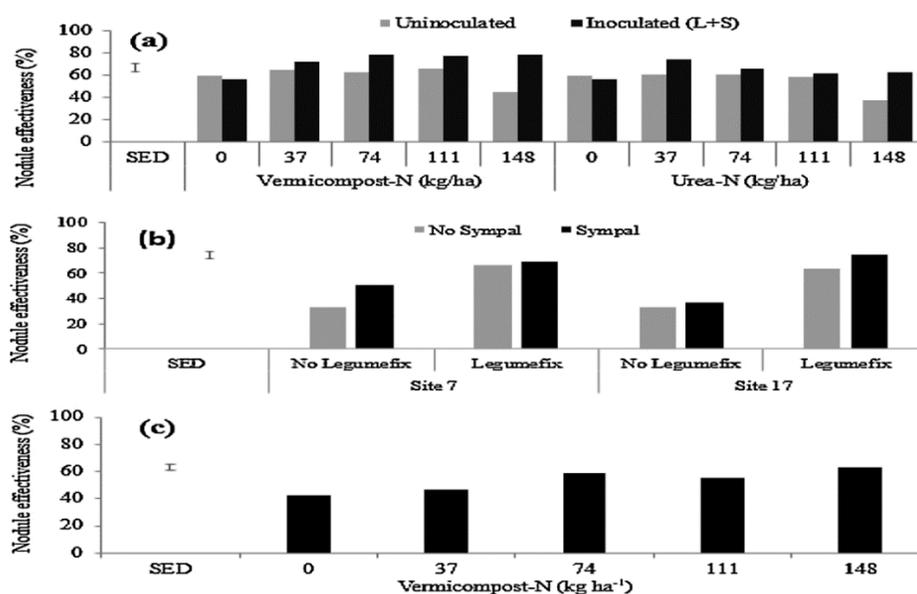


Figura 1. Efectividad de los nódulos de soja a través de los experimentos. En la imagen C, se observa el efecto positivo de incremento del vermicompost e incremento de la efectividad de los nódulos de la leguminosa (Nejatzadeh *et al.*, 2019).

2.5. HUMUS DE LOMBRIZ

El humus de lombriz es conocido con varios nombres comerciales, lombricompost, worm casting, lombricompuesto, está formado por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, como también encontramos una gran cantidad de microorganismos benéficos, si no también hormonas y los macro y micro nutrientes con valores que dependen de las proporciones y características químicas del sustrato el cual se utilizó como alimento para las lombrices. El humus de lombriz corrige y mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo influyendo en ella de la siguiente manera (Díaz, 2002).

Propiedades físicas.

Potencializa los cultivos.

Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre

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.

Posee propiedades coloidales, al aumentar la porosidad y aireación del suelo contribuyen a la infiltración y retención del agua y desarrollo radicular.

Mejora la estructura, dando menor densidad aparente a los suelos pesados y compactos.

Permeabilidad y aireación.

Reduce erosión del suelo.

Incrementa la capacidad de retención de humedad.

Confiere color oscuro al suelo reteniendo calor.

Propiedades biológicas

a). Estimula la bioactividad al tener el mismo microorganismo benéficos del suelo, pero en mayor cantidad.

b). Controla el dumping o mal de os almácigos, en su pH cercano a 7 y su activa viva microbiana.

El humus de lombriz posee características como su color oscuro, d olor agradable a mantillo de bosque, su bioestabilidad evita su fermentación o putrefacción, como también contiene una gran elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, de esta manera liberándolos de manera paulatina, facilitando su asimilación por las raíces impidiendo que estos sean lixiviados con el agua de riego manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo. El humus de lombriz evita el uso inadecuado de los fertilizantes inorgánicos que con el paso del tiempo provocan alteraciones perjudiciales al suelo y al ambiente (Guillermo *et al.*, 2012).

Las propiedades mecánicas de los productos hortícolas, presentan una función importante en la mejora de la calidad de los productos y la vida de almacenamiento después de la cosecha y también, en la reducción del desperdicio de productos. Recientemente, el uso de fertilizantes orgánicos tiene una tendencia creciente a producir productos de alta calidad, así como a mejorar la calidad del suelo. Dos de las mejores opciones para producir material orgánico y la sostenibilidad de la producción agrícola son vermicompos y estiércol de oveja. Los resultados mostraron que el vermicompost era un mejor fertilizante que el estiércol de oveja debido a su relación carbono/nitrógeno (C/N), acidez y salinidad más apropiadas (Jahanbakhshi y Kheiralipour, 2019).

2.6. LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA

Las lombrices se consideran un recurso de gran interés para la sostenibilidad de la agricultura, ya que estas participan en la regulación de las propiedades físicas del suelo, la dinámica de la materia orgánica del entorno, así como el crecimiento de las plantas, junto a otros organismos macro descomponedores que forman parte de la fauna suelo. Existen varias especies de lombrices utilizadas para la lombricultura, entre ellas *Allopura caliginosa* (lombriz de campo) muy útil para la agricultura, pero se reproduce escasamente, *Ocasium lacteum* (lombriz parda) esta se desarrolla en suelos húmedos y arenosos, *Dendrobaena alpina* (lombriz de lodo), *Lombricus rubellus* (lombriz de los residuos orgánicos), y *Eisenia foetida* (lombriz de estiércol o roja californiana de gran actividad productiva). A pesar de que se han utilizado un gran número de lombrices, *Eisenia foetida* es una de las especies más utilizadas. (Loza *et al.*,2011)

Eisenia foetida también conocida como lombriz roja californiana es una de las técnicas más importantes en el lombricomposteo, esto se debe a la habilidad que tienen de digerirlos residuos orgánicos en condiciones de cautiverio (Morales, 2011).

Las lombrices son hermafroditas, presentan ambos sexos en un mismo individuo; sin embargo, no son capaces de autofecundarse, condición que la obliga a intercambiar esperma para poder fecundar los óvulos. Posterior al acoplamiento, se liberan unas pequeñas estructuras en forma de pera conocidas como cápsulas, capullos o cocones que contienen los pequeños huevecillos fecundados; éstos tardan en madurar y eclosionar entre tres y cinco semanas después de liberadas, siempre y cuando tengan las condiciones adecuadas (SAGARPA).

Las lombrices californianas necesitan el 70-90% de humedad, si este es superior, no permitiría la oxigenación de la materia y el proceso dejaría de realizarse, ya que las lombrices respiran por la piel, y si esta es escasa, la supervivencia de la población sería baja, las lombrices necesitan un medio húmedo para moverse como también para ingerir el alimento (Santos y Urquiaga, 2013).

Los desechos orgánicos no pueden aplicarse de forma directa al suelo, ya que al hacerlo pueden destruir la fertilidad natural del suelo y conducir a la fitotoxicidad. La forma adecuada de la eliminación de los desechos es utilizando las lombrices californianas para la aplicación al suelo y garantiza su eliminación segura en el medio ambiente (Sangwan *et al.*, 2008).

El peso de las lombrices durante el transcurso de 90 días promedio de tratamiento, cambia según el tipo de material utilizado, siendo los desechos domésticos, donde se mantiene el mayor tamaño al final del proceso, como se puede observar en la Figura 2 (Durán y Henríquez, 2009).

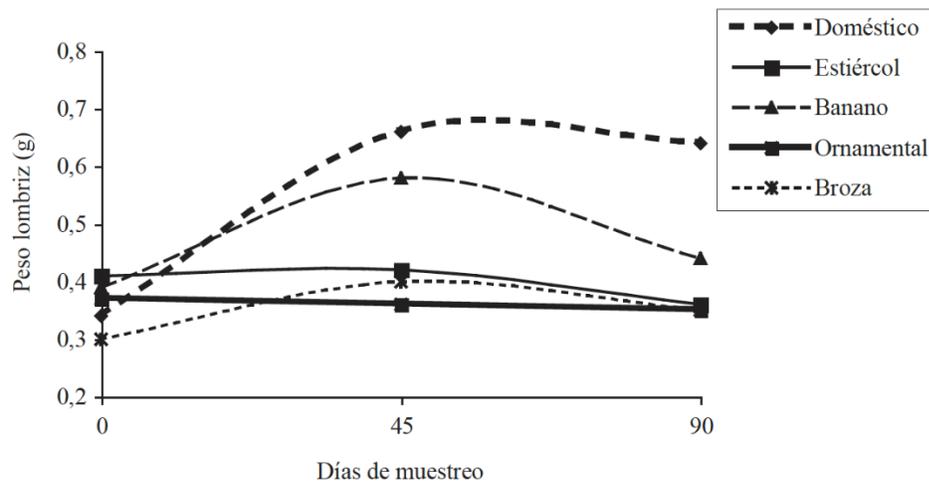


Figura 2. Peso promedio que se mantiene en *Eisenia foetida* durante el proceso de vermicompostaje en diferentes sustratos (Durán y Henríquez, 2009).

En estados unidos de América la cría de lombrices data desde los 50 años, siendo la lombriz roja californiana la que revela mejores condiciones para su cría en cautiverio. Las lombrices constituyen un recurso potencial de interés para la sostenibilidad de la agricultura, ya que estas participan en la regularización de las propiedades físicas del suelo, ya que la lombriz roja californiana (*Eisenia spp.*) forma parte de las herramientas biotecnológicas para el reciclaje de los desechos orgánicos, que de estos se obtienen como beneficio el vermicompost también llamado abono orgánico. La lombriz roja se caracteriza por ser hermafrodita el cual puede llegar a

producir grandes cantidades de lombrices por año, el abono producto obtenido por sus deyecciones contienen una gran riqueza bacteriana de esta manera desarrollando su ciclo de vida en pequeños espacios, y se adapta a un amplio rango de condiciones edafoclimáticas (Murguía *et al.*, 2010).

Los anélidos constituyen un grupo de animales celomados segmentados muy antiguo, aparecieron hace aproximadamente 600 millones de años. Las lombrices de tierra son gusanos segmentados celomados de hábitos terrestres, en suelos húmedos y cuyo tamaño en estado adulto varía desde 1 cm de largo y 2 mm de grosor, hasta más de 1 m y 3 cm de largo y grosor. En México coexisten lombrices exóticas y nativas. Las lombrices exóticas son especies que se originaron en otra región del mundo, el cual su presencia en México se debe a su introducción por el hombre. Las especies nativas estas se consideran originarias de alguna región de nuestro país, su distribución en México pudo haber ocurrido de manera natural. Las lombrices de tierras viven dentro de suelo, aunque regularmente se les encuentra en la hojarasca, bajo piedras, bajo la corteza de troncos húmedos y en los suelos suspendidos de dosel (Fragoso y Rojas, 2014).

Existen más de 3000 especies de lombrices que pertenecen al Phylum annelida, clase Clitellata o también llamado gusano oligo (escaso) y chaeta (pelo) y a la familia Lumbricidae, la razón por la que se fundamenta la utilidad de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) es porque esta se adapta al rango de temperatura, un óptimo de 22°C, como temperaturas altas y bajas cercanas a 42 y 0°C en la reducción de alimentos y su reproducción (Hernández *et al.*, 2015).

Charles Darwin fue quien realizó las primeras descripciones sobre las lombrices, su reproducción y sobre su medio ambiente. Sus estudios de 1837; lo llevaron a clasificarlas como uno de los animales de mayor importancia en la historia del mundo. La remediación de los suelos contaminados usando lombriz de tierra parece ser una tecnología rentable, así como ambientalmente amigable, también mejora la estructura del suelo, y contribuye a la descomposición de la materia orgánica, mejora el ciclo de

nutrientes, además de jugar un papel importante en la evaluación del riesgo ecotoxicológico (Zapata *et al.*, 2017).

La lombriz roja californiana es un anélido, con un hábitat con características adecuadas en la temperatura, humedad, pH, vitaminas, proteínas, minerales, que favorecen un buen desarrollo y un buen manejo en su reproducción, la lombriz roja se adapta a un amplio rango de temperaturas, con un óptimo de 22°C, altas y bajas temperaturas de 42 y 0°C (Díaz *et al.*, 2008).

2.6.1. CICLO BIOLÓGICO

La cría y reproducción de estos anélidos se efectúan en camas apropiadas que pueden construirse de diferentes materiales, con su actividad participan en la fertilización, aireación, formación del suelo y es posible obtener materia orgánica muy estable en un tiempo relativamente corto para su uso inmediato en la agricultura (Díaz, 2002).

La especie de lombriz que se vaya a utilizar para la reproducción de lombricompost, debe de presentar algunas características como su adaptación a un amplio rango de temperatura (15-25 °C), sus altas tasas de reproducción sean altas, baja tendencia de migración, y la capacidad de vivir en poblaciones altas (Duran y Henríquez, 2009).

Su cruce es recíproco se aparean cada 7 días desde los 3 meses de edad es decir en edad adulta, cuando alcanzan la madurez sexual, observándose un anillo de mayor diámetro que el resto del cuerpo llamado clitelium, lugar donde se conforma la capsula que contiene los embriones. Durante la copula cada lombriz recibe el espermatozoide de la otra y lo retiene en la espermatocaixa hasta el momento de reproducción, la madurez de la lombriz se alcanza un mes a mes y medio a medida que la temperatura suba a los 25 °C (Díaz *et al.*, 2008).

Las lombrices poseen ambos aparatos genitales femenino y masculino, estos intercambian espermatozoide dando lugar a la liberación de cocones desde ambos individuos

protegidos por una sustancia viscosa elaborada por cada una de las lombrices. Desde que las lombrices nacen ya pueden ingerir sus propios alimentos, mientras este lo suficientemente húmedo y composteando. La lombriz abre la boca e ingiere su alimento mientras avanza arrastrándose por el terreno (Díaz, 2002).

2.6.2. CLASIFICACION TAXONOMICA

La sistemática que agrupa a la lombriz de tierra se clasifica como sigue (Díaz, 2002).

Dominio: Eucaria

Reino: Animal

División: Anélidos

Clase: clitelados.

Orden: Oligoquetos.

Familia: Lombricidos.

Género: *Eisenia*

Especie: *foetida*

La lombriz roja californiana (Figura 2), posee boca, pero no tiene dientes, succiona los alimentos para alimentarse. Los rayos ultravioletas la matan en muy poco tiempo. Su cuerpo es cilíndrico, anillado y presenta de 120 a 175 segmentos, y cubierta de una fina cutícula, en estado adulto tienen una longitud de 6 a 8 cm, y un diámetro de 3 a 5 mm, el color va de blanco a rosa y adulta en color rojo oscuro. Respira a través de la epidermis, depositando el humus en un 1/3 de su recorrido, por lo cual la cutícula debe mantenerse húmeda. Su aparato circulatorio está provisto de cinco pares de tubos musculares (corazones) posee tres pares de riñones. Es hermafrodita, es decir

posee ovarios, como testículos, es incapaz de autofecundarse por lo cual necesita del acoplamiento de otra de su especie (Díaz, 2002).

Anatomía interna de la Lombriz

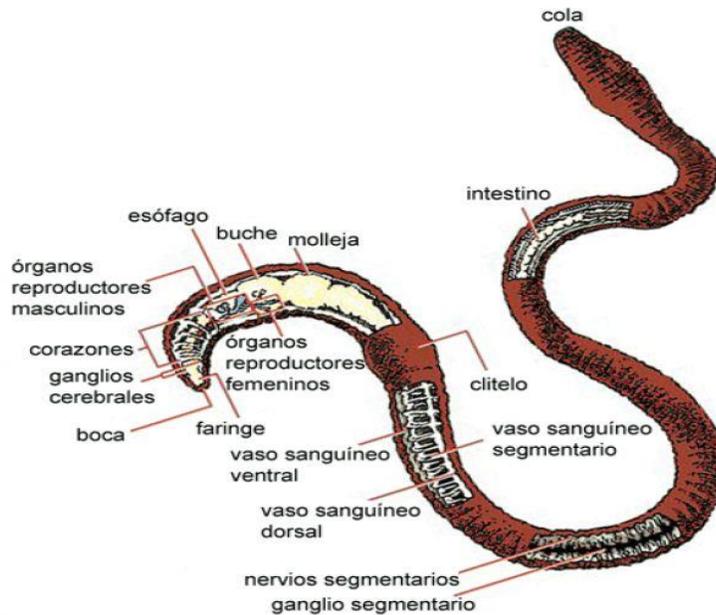


Figura 3. Anatomía de *Eisenia foetida* (Díaz, 2002).

Características externas de la lombriz

Color: no siempre se determina por el pigmento de la piel, a veces puede ser la sangre o el contenido del intestino, que se manifiesta a través de las paredes del cuerpo.

Segmentos: llamados también metámero, son anillos distribuidos en todo el cuerpo, por lo general entre 80 a 175 anillos.

Forma: el cuerpo es un tubo bilateralmente, simétrico, tiene forma cilíndrica.

Prostomio: pequeña protuberancia dorsal que comienza en el primer segmento.

Peristomio: al primer segmento, donde se encuentra la boca, no tiene quetas o cerdas.

Quetas o cerdas: cada segmento, excepto del primero posee cuatro pares de quetas o cerdas, provistas de pequeños músculos, cuya función es la locomoción.

Poros dorsales: pequeñas aperturas ubicadas en los surcos inter segmentarios a lo largo de la línea media dorsal.

Surcos seminales: ubicados en los segmentos 9 y 10, formados durante la copula, son transitorios y almacenan los espermatozoides que reciben durante la copulación.

Clitelo: región engrosada de la epidermis en los segmentos 32 al 37, esta se encarga de secretar la sustancia que forman los capullos, cocones o capsulas donde se alojan los cocones (Pineda, 2006)

Características internas de la lombriz

Tabiques: o septos estos son paredes que separan los segmentos sucesivos los cuales están formados por el peritoneo.

Molleja: parte gruesa musculosa del digestivo.

Glándulas de morren: tiene como función metabolizar el calcio, y están ubicadas en el esófago.

Intestino: se reconoce fácilmente por la presencia de válvulas.

Ciegos intestinales: apéndices huecos, terminados en forma de saco, que estos aparecen al fondo del intestino.

Nefridios: órgano central del sistema excretor, funciona como pequeño riñón, y se le llaman holonefridios.

Vasos dorsal y ventral: se encuentran sobre el tubo digestivo, el vaso dorsal, y el ventral debajo de este, son los más importantes en el sistema circulatorio

Vaso supra-intestinal y supra esofágico: estos son vasos impares no siempre presentes, estas se encuentran entre el esófago, intestino y vaso dorsal.

Vasos extra-esofágico o latero-esofágico: están situados a los lados del esófago y este y los corazones.

Corazones: se encuentran en la región esofágica del cuerpo ligando los vasos y están en pares, un total de cinco que manda la sangre al vaso ventral.

Testículos: ubicados en los segmentos 10 y 11 y en uno o en pares cada uno.

Canales diferentes: permiten la salida de los espermatozoides y son uno para cada testículo.

Vesículas seminales: están en tres pares de bolsas laterales que abarcan los segmentos 9,10 y 11.

Ovarios: por lo general solo son un par. Ubicados en el segmento 13, están descargan los huevos n la cavidad celómica.

Ovisacos: seguidos al segmento que contiene el ovario.

Espermatecas: sacos que reciben los espermatozoides de la lombriz durante la cópula (Pineda, 2006).

2.7. DESCRIPCION DEL PROCESO

La materia humificada comprende una de las clases más importantes de sustancias químicas naturales, cuyo origen se deriva principalmente de la descomposición de las plantas. Las sustancias húmicas, se producen después de modificaciones químicas y/o microbiológicas de proteínas, carbohidratos, ácidos nucleicos y lípidos, así como compuestos más complejos como la lignina y la celulosa (Pereira *et al.*, 2014).

Es importante tener en cuenta cada categoría de sustancia húmica (huminas y ácidos húmicos o fúlvicos), no puede considerarse como un grupo que contiene moléculas de un mismo compuesto. En cambio, cada una de estas tres categorías presenta miles de compuestos diferentes, pero con propiedades de solubilidad similares (Pereira *et al.*, 2014).

El vermicompostaje comprende una opción atractiva para producir materiales ricos en compuestos humificados en períodos de tiempo cortos. Controvertido para el compostaje, el vermicompostaje utiliza lombrices de tierra para ingerir y metabolizar los detritos orgánicos en un mecanismo complejo compuesto por los siguientes pasos: (i) ablandamiento de residuos por la saliva en la boca; (ii) neutralización por calcio excretado de las paredes internas del esófago; (iii) molienda de partículas en la molleja muscular; (iv) digestión de la masa orgánica por enzimas proteolíticas contenidas en el estómago, y (v) descomposición del material pulpado por la acción de diversas enzimas como proteasas, amilasas y lipasas, entre otras (Pereira y Arruda, 2003; Fornes *et al.*, 2012). Después de esta intensa actividad bioquímica, el vermicompost se excreta y madura continuamente durante un período de hasta seis meses para aumentar el contenido de compuestos humificados y lograr una estabilización adicional de la materia orgánica (Fornes *et al.*, 2012; Landgraf *et al.*, 1998).

El proceso de se caracteriza por los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas con etapas termogénicas, con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos, respectivamente (Brito y Sandoval, 2003):

2.7.1. ETAPA MESOTERMICA (10-40 °C)

Presencia de fermentaciones facultativas de la microflora mesófila, en concordancia con respiraciones aeróbicas, en condiciones de aerobiosis actúan Euactinomicetos (aerobios estrictos), importantes en la producción de antibióticos.

2.7.2. ETAPA TERMOGENICA (40-75 °C)

Se sustituye a la microflora mesófila por la termófila, por la acción de bacilos y actinomicetos termófilos. Por lo general, se eliminan todos los organismos mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables.

2.7.3. ETAPA MESOTERMICA

Con el agotamiento de los nutrientes, y la desaparición de los organismos termófilos, desciende la temperatura.

2.8. FITOTOXICIDAD

En un material que no haya terminado el proceso de compostaje correctamente, el nitrógeno está más en forma de amonio en lugar de nitrato. El amonio en condiciones de calor y humedad se transforma en amoniaco, creando un medio tóxico para el crecimiento de la planta y dando lugar a malos olores. Igualmente, un material sin terminar de compostar contiene compuestos químicos inestables como ácidos orgánicos que resultan tóxicos para las semillas y plantas (Román *et al.*, 2013).

2.9. OXIGENO

El compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase hemofílica (Pereira *et al.*, 2014).

La saturación de oxígeno en el medio no debe bajar del 5%, siendo el nivel óptimo el 10% ya que el exceso de aireación provocaría un descenso en la temperatura y una mayor pérdida de humedad por la evaporación, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por la falta de agua (Román *et al.*, 2013)

2.10. HUMEDAD

El agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos. Saturando una masa de materia orgánica, los espacios vacíos se inundarán con agua sin lugar para el aire. Inversamente, deshidratándola, todos los espacios vacíos serán ocupados por el aire, cuantas más finas sean las partículas del compost, mayor será la retención del agua (Díaz, 2002).

La humedad óptima para el compostaje es del 55% aunque puede variar dependiendo el estado físico y el tamaño de las partículas y el sistema empleado en el compostaje, si la humedad baja por debajo de los 45%, disminuye la actividad microbiana, evitando que las fases de degradación se completen a tiempo (Román *et al.*, 2013).

2.11. TEMPERATURA

La temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso de compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente (Román *et al.*, 2013).

La temperatura no debe decaer demasiado rápido, ya que, a mayor temperatura y tiempo, es mayor la velocidad de la descomposición y hay mayor higienización (Román *et al.*, 2013)

2.12. pH

El rango de pH tolerado por las bacterias es amplio, sin embargo, el pH cercano al neutro (pH 6.5- 7.5), ligeramente ácido o ligeramente alcalino asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. La alcalinidad o la acidez es un factor determinante en el sustrato para que interactúen factores para la producción de la lombriz californiana (Brito y Sandoval, 2003).

La mayor cantidad bacteriana se produce a PH 6,0-7,5 mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2.

2.13. CARBONO

El carbono es una fuente de energía y constituye alrededor del 50% del contenido celular microbiano. El nitrógeno es un componente crucial de proteínas, además de ser esenciales para brindar un buen crecimiento y desarrollo de los microorganismos (Perdomo, 2007).

2.14. POTENCIAL REPRODUCTIVO

La lombriz roja californiana presenta dos órganos reproductores, por lo que requiere acoplarse entre dos, dando un cocón o huevo, el cual depositan cada 7 o 10 días conteniendo entre 2 y 20 individuos, estas capsulas eclosionan pasando los 21 días, su potencial reproductor le confiere a *E. foetida* la capacidad de tener alrededor de 1500 crías en un año (Duran y Henríquez, 2009).

2.15. USO DE POTENCIAL PARA VERMICOMPOSTAJE

El vermicompostaje es un bioproceso el cual se considera como una alternativa viable para el compostaje de los residuos orgánicos, las lombrices convierten y estabilizan los residuos orgánicos en un material llamado humus de lombriz el cual es rico en nutrientes, en ellos las lombrices ejercen una acción tanto física como bioquímica. La acción física incluye la mezcla de molienda de residuos orgánicos aireación, por el cual los microbios son responsables de la degradación y estabilización bioquímica (Cornelio y Canepa, 2017).

Se llevó a cabo una serie de experimentos en laboratorio, invernadero y campo para comparar el efecto supresor de nematodos del té de vermicompost (VCT) preparado a partir de vermicompost con moso-bambú (*Phyllostachys edulis* (Carrière) J. Houz.) y (*Pueraria lobata* (Willd) Ohwi), como material de alimentación (VCT de malezas) al preparado a partir de desechos de alimentos vegetales (VCT de vegetales)

contra *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis*. Estos ensayos revelaron que, aunque ambos VCT suprimieron la incubación del huevo de *M. incognita* en comparación con el control del agua, solo el VCT de la hierba suprimió la incubación del huevo de *R. reniformis* (You *et al.*, 2018).

Las asociaciones de plantas y bacterias se han estudiado ampliamente por su potencial para aumentar la productividad de los cultivos de manera sostenible. *Serratia marcescens* es una especie de Enterobacteriaceae que se encuentra en una amplia gama de entornos, incluido el suelo. Se describe la secuenciación del genoma y la evaluación de las capacidades promotoras del crecimiento de las plantas de *S. marcescens* UENF-22GI, una cepa aislada del vermicompost de estiércol de ganado maduro. In vitro, UENF-22GI puede solubilizar P y Zn, producir compuestos indólicos (probablemente IAA), colonizar hifas y contrarrestar el crecimiento de dos hongos fitopatógenos. Aquí describimos la secuenciación del genoma y la evaluación de las capacidades promotoras del crecimiento de las plantas de *S. marcescens* UENF-22GI, una cepa aislada del vermicompost de estiércol de ganado maduro. In vitro, *S. marcescens* UENF-22GI puede solubilizar P y Zn, producir compuestos indólicos (probablemente IAA), colonizar hifas y contrarrestar el crecimiento de dos hongos fitopatógenos, lo que la hace un fuerte candidato a usar en un bioinoculante para la agricultura (Matteoli *et al.*, 2018).

Mishra *et al.*, (2017) señalan que los resultados de supresión de *Meloidogyne* spp, han sido inconsistentes, sin embargo, los resultados de experimentos de invernadero repetido en pepino (*Cucumis sativus*), redujeron significativamente la penetración del parásito ($P \leq 0.05$), en comparación con el testigo o sin vermicompost cuadro 2.

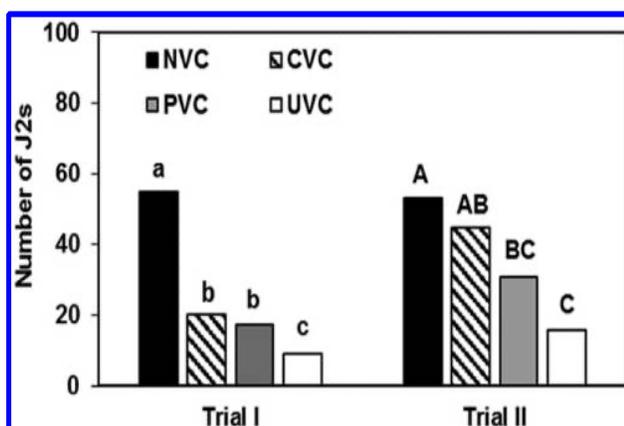


Figura 4. Efecto del té de vermicompost (VCT) preparado de vermicompost curado parcial (PVC) o sin curado (UVC), en comparación con agua o sin vermicompost (NVC) sobre la incubación de *M. incognita* por 15 días de incubación en dos ensayos (Mishra *et al.*, 2017).

2.16. USO DE SUSTRATOS PARA VERMICOMPOSTAJE

. Los materiales que se han utilizado como sustrato destacan los estiércoles de bovino, equinos, porcinos, aves de corral, conejos y ovinos (Cornelio y Canepa, 2017).

El estiércol es un insumo el cual aporta nutrientes, materia orgánica en suelos agrícolas, en la agricultura orgánica se pueden utilizar vermicomposta de estiércol de vaca, ya que con eso se puede aportar nutrimentos, y mejorar la estructura del suelo incrementar la materia orgánica (Viramontes *et al.*, 2015).

El estiércol bovino es un alimentó nutricionalmente balanceado para las lombrices el cual no necesita preacondicionamiento, como también el uso del estiércol bovino para vermicompostaje, está el uso de lixiviado y el lavado de humos de lombriz (*Eisenia foétida*). El vermiompostaje a base de estiércol de vaca genera un buen producto estabilizado, con una concentración de macronutrientes y micronutrientes importantes (Cornelio y Canepa, 2017).

A pesar de la presencia de un gran número de microbios beneficiosos en el vermicompost y él te, los microorganismos patógenos también podrían estar presentes. Por lo tanto, es importante detectar la presencia de patógenos transmitidos

por alimentos en VC y VCT para determinar el grado de riesgo asociado con el uso de estos materiales (Adeleke *et al.*, 2011).

Se realizó ensayo de invernadero para estudiar los impactos de reemplazar el fertilizante mineral con fertilizantes orgánicos, utilizando suelos con diferentes antecedentes de siembra de tomate. Los principales resultados mostraron que: (1) el compost de vermicompost y estiércol de pollo promovió de manera más efectiva el crecimiento de las plantas; (2) vermicompost mejoró la calidad de la fruta en cada tipo de suelo, y aumentó la relación azúcar / ácido; (3) Se encontró mejores rendimiento de fruta (74%), vitamina C (47%) y azúcar soluble (71%) en suelos sin historia de siembra de tomate en comparación con aquellos en suelos con larga historia de siembra de tomate; y (4) se mejoró la calidad del suelo, incluido un pH más alto (promedio de 7.37 frente a un promedio de 7.23) y una conductividad eléctrica más baja del suelo (Wang *et al.*, 2017).

El bagazo de caña de azúcar (B), se utilizó para alimentar a *Eisenia foetida* con soporte de estiércol de ganado (CD), en diversas proporciones (desechos: CD) de 0:100 (B0), 25:75 (B25), 50:50 (B50), 75:25 (B75) y 100: 0 (B100) en peso seco. El compostaje con estiércol de ganado ayudó a mejorar su aceptabilidad para *E. foetida* y también mejoró las características fisicoquímicas. La mejor relación apropiada para la supervivencia, el crecimiento máximo y la acumulación de su población se determinó observando la acumulación de población, la tasa de crecimiento, la biomasa, la mortalidad y la formación de capullos. La mortalidad mínima y el tamaño poblacional más alto en (B50). El aumento de las concentraciones de desechos afectó significativamente su crecimiento y reproducción Figura 4 (Bath *et al.*, 2015).

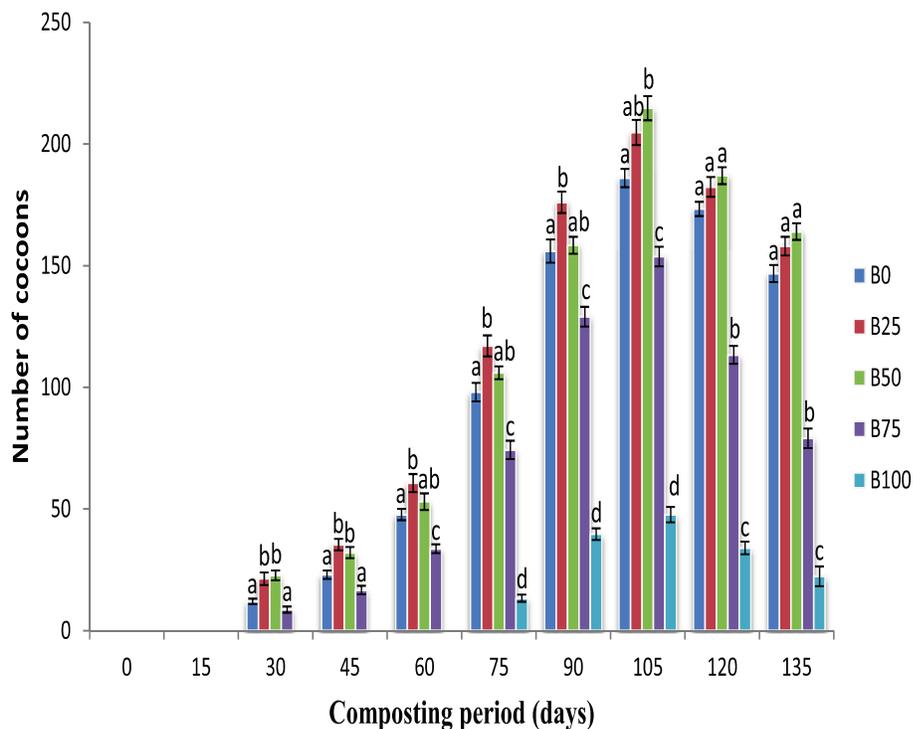


Figura 5. Valores promedio del número de cocones seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente para el día de la determinación, de acuerdo con las pruebas de Tukey ($P \leq 0.05$), con diferentes mezclas de bagaso y estiércol de bovinos (Bath *et al.*, 2015).

Atanda *et al.*, (2018) sugieren que el vermicompost (VC) y el té de vermicompost (VCT) producidos por los agricultores en la región de Winterveldt, India, constituían un bajo riesgo en términos de seguridad de los productos. Dado que, solo una de las 60 muestras de VC y VCT contenía un organismo potencialmente patógeno, a saber, *S. enterica* serovar *Typhimurium*. Los recuentos de *Salmonella* en el vermicompost de la granja específica fueron inferiores a 10 ufc g^{-1} , que fue mucho más bajo que las (10^5 - 10^{10} organismos), dosis infecciosas reportadas para estas bacterias.

El vermicompost se produjo a partir de desechos de flores, inoculados con biofertilizantes utilizando la lombriz de tierra *Eisenia foetida*. Se llevaron a cabo análisis de componentes principales (PCA) y de conglomerados (CA), de parámetros fisicoquímicos de las muestras vermicompostadas. La microscopía electrónica de barrido y el análisis de cromatografía de papel, se utilizaron para investigar los cambios en la morfología de la superficie y los grupos funcionales en los productos de control y

vermicompost. El análisis SEM de las categorías de vermicompost E1-E5 muestra más fragmentos y poros que el control. El análisis cromatográfico indicó madurez de los materiales vermicomposteados Figuras 5 y 6 (Senthil *et al.*, 2014).

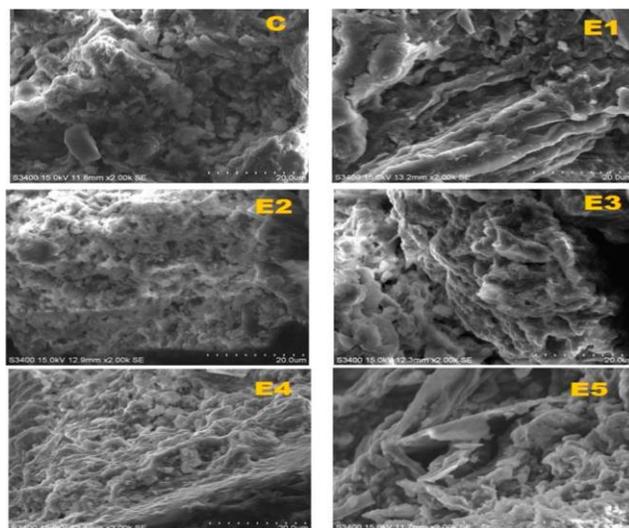


Figura 6. Microfotografía por SEM de flores vermicomposteadas después de 80 días como sigue: (C) Compost control; (E1) Vermicompost; (E2) Vermicompost + *Azospirillum*; (E3) Vermicompost + *Phosphobacterium*; (E4) Vermicompost + algas cianofitas y (E5) Vermicompost + *Rhizobium* (Senthil *et al.*, 2014).

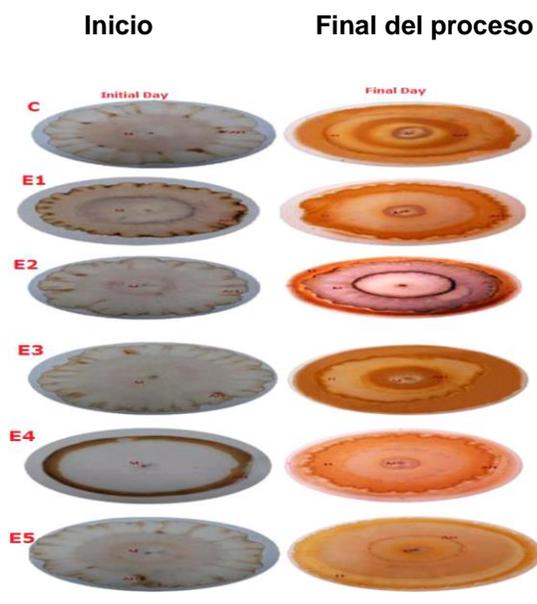


Figura 7. Cromatografía biodinámica en papel de los desechos de flores vermicomposteadas después de 80 días como sigue: (C) Compost control; (E1) Vermicompost; (E2) Vermicompost + *Azospirillum*; (E3) Vermicompost + *Phosphobacterium*; (E4) Vermicompost + algas cianofitas y (E5) Vermicompost + *Rhizobium* (Senthil *et al.*, 2014).

2.17. NORMATIVIDAD EN LA PRODUCCION DE VERMICOMPOSTA

Desde su creación en 1972, la IFOAM, ha trabajado para estandarizar fundamentándolas en una serie de principios filosóficos y agroecológicos. Como también se establecieron agencias de certificación en mayor número y mejor organización con la finalidad de regular la producción y asegurar que todos aquellos productos etiquetados como orgánicos. Se rigen cuatro principios de la agricultura orgánica de acuerdo a la IFOAM, que es principio de la salud, principio de la ecología, principio de equidad, y principio de precaución (Hernández *et al.*, 2015).

La formalización de reglamentos y normas de origen privado originadas a partir de iniciativas locales, y después globales a través de IFOAM ocurrido en 1972, los gobiernos de unión europea establecieron las primeras normas gubernamentales a principios de 1990, los reglamentos CEE No. 2092/91 para la producción de vegetales y No. 2078/92 para la producción animal (Hernández *et al.*, 2015).

Humus de lombriz (lombricomposta) - Especificaciones y Métodos de Prueba. Vermicompost (worm casting) - specifications and test methods NMX-FF-109-SCFI-2007 (SCFI, 2007).

Se le denomina humus de lombriz (lombricomposta) al producto resultante de la transformación digestiva y metabólica de la materia orgánica, mediante la crianza sistemática de lombrices de tierra, denominada lombricultura. Para su correcta utilización de la norma es necesario consultar y aplicar las siguientes normas oficiales mexicanas y normas vigentes los cuales son:

NOM-021-RECNAT-2000. Establece las especificaciones de fertilidad, sanidad y clasificación de los Suelos.

NOM-030-SCFI-2006. Información Comercial. Declaración de cantidad en la etiqueta Especificaciones.

NOM-045-SSA1-1993. Plaguicidas, productos para uso agrícola, forestal, pecuario, de jardinería, urbano e industrial

NOM-052-SEMARNAT-2005. establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y listado de residuos peligrosos.

NOM-077-FITO-2000. Requisitos y Especificaciones para la realización de estudios de efectividad biológica de los insumos de Nutrición Vegetal.

NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos

NOM-112-SSA1-1994. Determinación de bacterias coliformes. Técnica de número más probable.

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

NOM-114-SSA1-1994. Método para la determinación de Salmonella en alimentos

NOM-143-SSA1-1995. Métodos de prueba microbiológicos para alimentos. Determinación de coliformes fecales por el número más probable (presuntiva Escherichia coli y determinación de Listeria monocytogenes)

NMX-AA-025-1984. Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos- Determinación del pH - Método Potenciométrico,

NMX-AA-052-1985. Protección al ambiente, Contaminación de suelo, Residuos sólidos municipales, Preparación de muestras de laboratorio para su análisis.

NMX-AA-067-1985. Protección al Ambiente Contaminación del Suelo, Residuos Sólidos Municipales, Determinación de la Relación Carbono/Nitrógeno.

NMX-Z-012/2-1987. Muestreo para la inspección por atributos, Parte 2. Método de muestreo, tablas y gráficas.

Definiciones que se deberán de considerar de acuerdo con la especificación de la Norma Mexicana señalada:

Excretas . Residuos del alimento digerido por las lombrices, que en conjunto con los organismos forman el llamado humus de lombriz (lombricomposta).

Humus. Sustancias de composición química compleja, órgano-mineral, de alto peso molecular, muy estables, de color negro a café oscuro, con propiedades coloidales e hidrofílicas.

Humus de lombriz (lombricomposta). Producto resultante de la transformación digestiva y metabólica de la materia orgánica, mediante la crianza sistemática de lombrices de tierra, denominada lombricultura.

Lecho o cama. sitio designado para la crianza de lombrices y producción de humus de lombriz.

Material orgánico. Materiales diversos derivados de organismos vivos que, en calidad de residuos orgánicos, se utilizan para alimentar a las lombrices.

Material mineral extraño. aquel material que se añade o adiciona al producto y que no proviene de la descomposición natural de la materia orgánica procesada.

Residuos orgánicos. Materia orgánica en descomposición, que se genera como subproducto y que se utiliza como alimento para las lombrices, por ejemplo: pulpa de café, cachaza de caña de azúcar, entre otros.

Designación del producto. Se designa como humus de lombriz, única y exclusivamente al material orgánico resultante de la crianza de lombrices alimentadas con residuos orgánicos.

Clasificación del producto. El producto objeto de esta norma se designa en grados de calidad como Extra, Primera y segunda.

Determinación de materia orgánica por calcinación.

2.18. ENEMIGOS NATURALES

Es importante saber que los principales enemigos de la lombriz roja californiana son las hormigas, pájaros, ratas y planarias (Díaz, 2002).

Hormigas rojas: son depredadores naturales de la lombriz, estas pueden acabar en poco tiempo con el criadero, es atraída por el azúcar que ellas producen al deslizarse por el sustrato. Se controla manteniendo la humedad cercana al 80 %. En caso de que se llegue a encontrar hormigas en las camas, es un parámetro que la humedad del sustrato es baja (Díaz, 2002).

Los pájaros: pueden acabar con las lombrices poco a poco, se pueden controlar poniendo un monto de pasto de 10 cm o colocando media sombra sobre las camas de cría o producción (Díaz, 2002).

Ratones: los ratones es una plaga peligrosa para las lombrices, se controlan manteniendo una humedad alta cercana al 80%.

Planaria: es una de las plagas de mayor importancia dentro de los criaderos de lombrices. Es un gusano plano que mide de 5 a 50 mm, es de color café con rayas longitudinales de color café claro. Este gusano se adhiere de a la lombriz por medio de una sustancia cerosa que el platelminto produce de esta manera introduce un tubo pequeño en la lombriz aspirando poco a poco su interior hasta matarla. se controla regulando el pH entre 7.5 y 8. en pH bajo la planaria se desarrollan y comienza su depredador natural de las lombrices, también se recomienda no usar estiércoles viejos y si se aparece la plaga dar como alimento estiércol con solo 10 días de maduración (Díaz, 2002).

2.19. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CAMAS

El uso indiscriminado y la dependencia de fertilizantes químicos y plaguicidas son las principales causas de contaminación ambiental a nivel mundial, lo que resulta en una disminución de la productividad de los cultivos. Además de contaminar los recursos naturales, el consumo de alimentos por parte de los seres humanos, también está intoxicado a través del aumento biológico, debido a esta excesiva indulgencia de agroquímicos. El vermicompost es uno de esos componentes que proporciona nutrientes vegetales esenciales para apoyar la agricultura ecológica al tiempo que mejora la salud del suelo sin ninguna amenaza para el funcionamiento del ecosistema (Chanu *et al.*, 2018).

El compostaje es uno de los medios factibles para convertir los desechos sólidos biodegradables en abonos orgánicas para del suelo y apoyar un sistema de producción agrícola ecológico (Figura 7). Muchos organismos y microorganismos beneficiosos actúan como descomponedores químicos en el proceso de formación de productos finales orgánicos estables (compost) durante el compostaje. Entre ellos, las lombrices, son importante en la estimulación del proceso de compostaje, mejorando el valor de los nutrimentos y al mismo tiempo, asegurando el proceso de formación estable de un producto final. El proceso es de lo más simples para reciclar desechos orgánicos y producir abonos ecológicos (Chanu *et al.*, 2018).

Las lombrices de tierra pueden alimentarse de muchos tipos de desechos ecológicos: agrícolas, basura forestal, desechos de cocina, etc. Los desechos ecológicos después de ingresar al canal alimentario de las lombrices sufren algunos cambios químicos que lo hacen inodoro y neutro. La unidad de producción de vermicompost se puede instalar en cualquier terreno que no tenga ningún uso económico, pero a la sombra y libre de estancamiento de agua. El sitio también debe estar más cerca de un recurso hídrico. La unidad de producción puede instalarse en tanques de cemento o ladrillo, cajas de madera, contenedores de plástico, bolsas de plástico tipo geomembrana de diferentes dimensiones (tamaño preferible de 25 x 10 x 5 cm), una canasta, un balde e incluso en pozos de tierra (Chanu *et al.*, 2018).

Para Chanu et al, el vermicompostaje comprende cinco fases:

Colecta del material ecológico (desechos)

Predigestión

Preparación de la cama y compostaje

Cosecha de vermicompost y lombrices

Empaquetado y almacenamiento del producto final.



Figura 8. Flujo de la materia orgánica a descomponer mediante el vermicompostaje (Chanu *et al.*, 2018).

Precauciones que se deberán tener en las diferentes etapas

Colecta del material. El material debe procesarse para trituración, separación mecánica del metal, el vidrio y la cerámica y deben almacenarse en un lugar adecuado. En nuestro caso, el empleo de estiércol de caballo elimina estos procesos y reduce tiempo y costo.

La digestión previa de los desechos ecológicos, debe realizarse durante al menos 20-25 días al amontonar el material junto con la suspensión de estiércol y el riego regular. Este proceso digiere parcialmente el material y es apto para el consumo de lombrices de tierra (Figura 8). Se debe evitar la adición de mayores cantidades de sustancias ricas en ácido, como los desechos cítricos. Se debe evitar el uso de estiércol húmedo para la producción de vermicompost. Se debe usar estiércol de vaca de al menos 20-25 días para evitar la generación de calor en exceso.

Preparación de camas de lombriz y compostaje

La cama para la lombriz, debe garantizar las cinco cosas básicas para obtener un vermicompost de calidad en un corto período de tiempo, las cuales son:

Ambiente de vida apropiado, llamada Cubierta o lecho de cama.

una fuente de alimento

humedad adecuada

Aireación adecuada

Protección contra temperaturas extremas.



Africana (*Eudrillus euginae*)



Tigre o roja (*Eisenia foetida*)



Asiática (*Perinonyx ecavatus*)

Figura 9. Ejemplos de tipos de lombrices que se pueden emplear para el proceso de vermicompostaje (Chanu *et al.*, 2018).

Lecho de la cama

Según Chanu *et al.*, 2018. El material de la cama, es cualquier material que proporciona a los gusanos un hábitat relativamente estable. Este hábitat debe tener las siguientes características:

Alta absorberencia

Las lombrices de tierra respiran a través de sus pieles y, por lo tanto, deben tener un ambiente húmedo. El lecho, debe ser capaz de absorber y retener el agua lo suficiente como para que los gusanos puedan prosperar (Figura 9).



Figura 10. Lombrices rojas californiana en estado de madurez (chanu *et al* 2018).

Buen potencial de carga

El flujo de aire se reduce o elimina si el material es demasiado denso para empujar, o si se empaqueta demasiado. Debe haber una aireación adecuada ya que las lombrices requieren oxígeno para vivir. Una variedad de factores, que incluyen el rango de tamaño y forma de partículas, textura, resistencia y rigidez de los materiales, afectan la porosidad general del lecho de cama.

Bajo contenido de proteína y / o nitrógeno (alta relación carbono: nitrógeno)

El material de lecho de la cama con una alta relación carbono: nitrógeno es deseable ya que los altos niveles de proteína / nitrógeno pueden provocar una degradación rápida, el calentamiento crea un ambiente inhóspito para el gusano.

Cama de vermicultura

La cama de vermicultura o la cama de gusanos (3 cm) se pueden preparar colocando aserrín, paja, desechos de fibra de coco, basura de caña de azúcar, etc.

Una capa de arena fina de 3 cm de espesor debe extenderse sobre el lecho de cultivo seguido de una capa de tierra de jardín (3 cm). Todas las capas deben humedecerse con agua. En el caso del método de lecho, el piso de la unidad debe compactarse para evitar la migración de las lombrices de tierra al suelo.

Para la construcción de camas o lechos debe reunir ciertas características, ya que las camas no deben ser muy profundas y estar en un lugar ventilado, sombreado y fresco, ya que las lombrices no sobreviven a las altas temperaturas, tener espacio para poder llevar a cabo la actividad que tenga fácil acceso para el riego, y la distribución de alimento para las lombrices, para las herramientas básicas se utilizan carretilla, pala, cubetas, tejido o malla de sombreado, y cernidera, se recomienda tener instrumentos útiles como termómetro de suelo, pHmetro o papel indicador de pH. Un ejemplo de lecho se muestra en la siguiente figura el cual tiene una superficie total de 4.5 m^2 y completamente lleno daría un volumen de 2.25 m^3 , si se divide el lecho a la mitad se tendría 2.25 m^2 y un volumen de 1.25 m^3 (Figura 10). Es una actividad que no se requiere de mano de obra pesada (García, 2015).

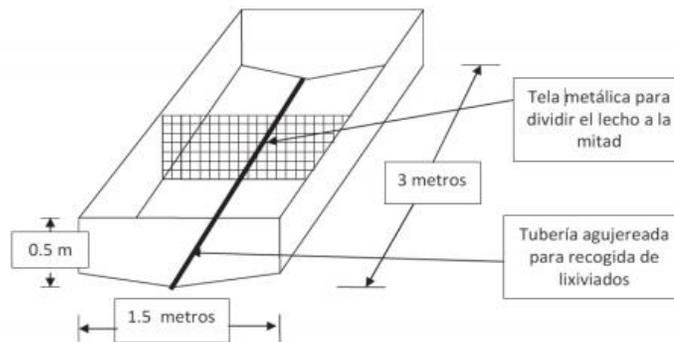


Figura 11. Las lombrices y la agricultura, información técnica (García, 2015).

Al iniciar la actividad de la lombricomposta se debe de asegurar la fuente de alimento, que pueden ser restos vegetales o de cultivos, estiércol de herbívoros, y de aves donde se reproduce mejor la lombriz roja es con el sustrato de estiércol de vaca, restos de cocina como frutas y verduras, están también los tejidos vegetales, lino, esparto, cartón, papel crudo sin tinta), evitar plantas o restos de plantas que hayan tenido contacto con pesticidas. Estos alimentos deben compostarse previamente o precompostar, que superen la fase termófila del proceso que alcancen una temperatura de 50-60° una vez superada esta fase y empiece a bajar la temperatura, se utiliza los materiales precomposteados. Para que se realice el proceso de compostaje correctamente de debe de respetar la relación carbono/nitrógeno (Cuadro 3), que debe estar alrededor de 30 (García, 2015).

Cuadro 2. Relación C/N (carbono/nitrógeno) de algunos alimentos (García, 2015).

Papel-cartón	150-200/1
Caña de millo	150/1
Pajas (trigo, cebada, avena, centeno.)	60-100/1
Viruta, serrín	150/1
Broza forestal (hojas, talos, y ramas trituradas)	70-80/1
Estiércol bovino	30-40/1
Estiércol equino	18/25/1
Estiércol avícola	10/1
Abono verde	10-20/1
Residuos de comida	15/1

Para saber si la materia orgánica que se utiliza para la actividad es apta o no, se hace una prueba de sobrevivencia de las lombrices antes de incorporarlas al criadero inicial, se toma un kilo de material preparado, se le incorpora de 15 a 20 lombrices se espera 24 horas, para saber si ellas sobreviven, si la materia orgánica les ha gustado se incorporan dentro de él y no sobre la superficie. Es indispensable la presencia de agua para las necesidades fisiológicas de los organismos transformadores, se debe mantener una humedad del 50% (Molano,1997).

En la irrigación para la reposición del agua debe hacerse en el revolvimiento que se hace cada dos días 4 o 5 veces al día, aplicando con regadera o recipientes con orificios pequeños esto se hace para evitar encharcamientos dentro de la pila. Es importante tener una buena aireación ya que garantiza el suministro de oxígeno para la oxidación, permitiendo que la descomposición aerovía sea mucho más rápida, para la falta de oxígeno se controla revolviendo frecuente mente la mezcla, si se tiene una caída abrupta de la temperatura durante el proceso de descomposición llevando a la muerte del microorganismo, se aconseja que la temperatura no llegue a los 65 °C (Molano, 1997).

Cuadro 3. Posibles problemas y soluciones durante el vermicompostaje (Melgar y Fernández, 2012).

Problemas	Causa	Solución
Olor a podrido/ amoniaco	Demasiada agua y poco aire. Demasiados restos de los que la lombriz puede digerir.	Airear suavemente o añadir componentes secos.
Si no se descompone	Falta de agua y demasiado aire	Regar uniformemente y poco a poco
Si aparecen mosquitos	Presencia de restos frescos	Remover o taparlos con material de la cuna o litera
Si aparecen hormigas	El lecho está seco	Mantener humedad alta y remover
Muerte de lombrices	Exceso o defecto de humedad. Presencia de algún producto toxico para ellas.	Retirar, limpiar y añadir nuevo material fresco.

El material estará listo para recolectar después de los 3-4 meses, el cual debe tener un aspecto grumoso, esponjoso, con un color pardo y olor a tierra húmeda, su recolección se deposita una capa de material fresco sobre el vermicompost y se retira a los 3 días, esto se repite hasta que quede el menor número de lombrices en el vermicompost (Melgar y Fernández, 2012).

2.20. MERCADO DEL VERMICOMPOSTAJE

El vermicompostaje representa una buena opción desde el punto de vista económico y ecológico. El vermicompostaje es una eco-tecnología viable y productiva para la fabricación de los abonos orgánicos en la calidad del producto que genera. En el proceso toma provecho de las cualidades fisiológicas y biológicas de las lombrices para la descomposición aeróbica de la materia orgánica (Méndez *et al.*, 2006).

En México se estima que existen alrededor de 170 mil productores de orgánicos, principalmente de pequeña escala distribuidos en 512 mil 246 hectáreas. Los principales estados productores de alimentos orgánicos son Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Puebla, Chihuahua y Guerrero que concentran 82.8% de la superficie orgánica total. Chiapas y Oaxaca cubren el 70% del total (Garay *et al.*, 2015).



Figura 12. Superficie cultivada con productos orgánicos en México 2011, por hectáreas (Garay *et al.*, 2015).

En el estado de Yucatán en la facultad de medicina veterinaria y zootécnica se realizaron proyectos y estudios en la producción de vermicomposta o humus de lombriz, este es uno de los abonos que se empezaron a utilizar en los últimos años, como también puede ayudar a aumentar la productividad en algunos tipos de cultivos. En la ciudad de Mérida, Yucatán. Las condiciones climatológicas y la humedad tanto el calor hace que el uso de los abonos orgánicos sea necesario para mejorar la apariencia de los jardines el cual el 62.3 %de la población compran este tipo de productos y el 82.7 % (Mórales *et al.*, 2006).

Cuadro 4. Dosis de empleo de humos de lombriz, en distintas aplicaciones agrícola (Morales *et al.*, 2006).

APLICACIONES AGRÍCOLAS	DOSIS DE EMPLEO
PRADERAS	800 g m⁻²
FRUTALES	2 kg árbol⁻¹
HORTALIZAS	1 kg m⁻²
CÉSPED	0.5-1 kg m⁻²
ORNAMENTALES	150 g planta⁻¹
SEMILLEROS	20%
ABONADO DE FONDO	160-200 L m⁻²
TRASPLANTE	0.5-2 kg árbol⁻¹
RECUPERACIÓN DE TERRENOS	2500-3000 L ha⁻¹

En España existe un total de 43 productos de fertilizantes los cuales están registrados en el ministerio (MAGRAMA, 2016) vermicompost y su empleo agrícola el cual esto se realiza en distintos sectores, en campo con distintas especies, ornamentales, semilleros y recuperación de suelos (Morales *et al.*, 2006).

2.21. RECOMENDACIONES AGROECOLOGICAS EN EL USO DEL VERMICOMPOST Y SUS DERIVADOS

La materia prima utilizada en la producción de vermicompost (VC) y té de vermicompost (VCT), puede albergar diversas bacterias patógenas, responsables de una serie de enfermedades animales y humanas en todo el mundo. La identificación y caracterización de tales organismos patógenos es necesaria para evaluar la seguridad de estos productos.

Vermicompostaje tiene muchos beneficios son tato a nivel ambiental como económico, cultural y ciudadano, en definitiva, permiten hacerse cargo de los propios residuos, y minimizar impactos ambientales y reciclar la materia orgánica.

El vermicompostaje es un proceso de bajo costo el cual permite la biooxidación, degradación y estabilización de residuos orgánicos por la acción conjunta de lombrices y microorganismos.

Con la aplicación de vermicompostaje se ha informado la estimulación del crecimiento de la raíz de las plantas (iniciación y proliferación del pelo de la raíz) aumento de la biomasa de la raíz y aumento del crecimiento y desarrollo de las plantas debido a la presencia de ácidos húmicos (Najar *et al.*, 2015).

Este proceso tecnológico nos ayuda a convertir los residuos orgánicos en producto de valor agregado tanto en las prácticas de restauración ecológica y programas de fertilidad del suelo.

El vermicompostaje, es el proceso por el cual los desechos orgánicos se descomponen a través de las acciones sinérgicas de las lombrices de tierra y las comunidades microbianas. Aunque se ha demostrado que éste, reduce eficazmente la biomasa orgánica y genera fertilizantes de calidad para plantas, se sabe poco sobre las comunidades bacterianas involucradas en el proceso de descomposición. Dado que la optimización de vermicompostaje para uso comercial requiere un conocimiento adicional de los procesos biológicos subyacentes, generándose cambios en la composición de la actividad, biomasa y grupos microbianos presentes en el proceso (Figuras 2-3) (Domínguez *et al.*, 2019).

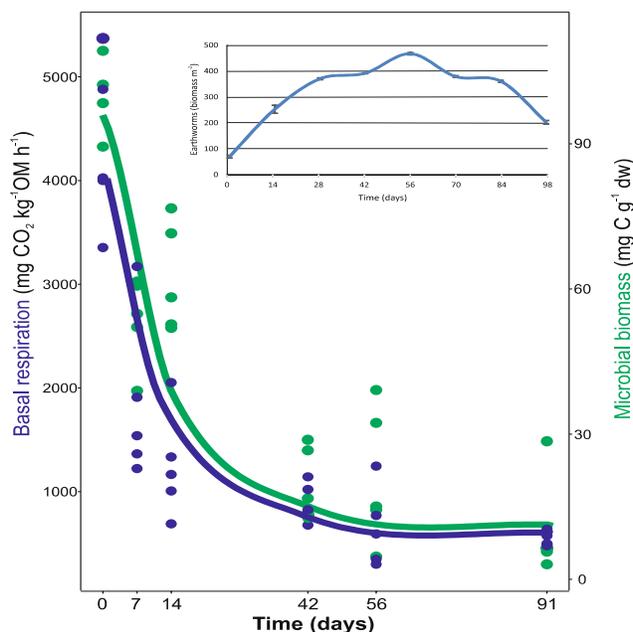


Figura 13. Cambios en la biomasa y respiración microbiana durante el proceso de vermicompostaje durante 91 días (Dominguez *et al.*, 2019).

2.22. FUTURO DEL VERMICOMPOSTAJE

El lombricomposta cada vez más popular de composteo pasivo y se reconoce como el composteo del futuro, ya que proporciona a los suelos permeabilidad tanto para el aire como para el agua, aumenta la retención del agua y su capacidad de almacenar y liberar nutrientes que requieren las plantas en forma sana y equilibrada, su pH es neutro y se puede aplicar en cualquier dosis sin riesgo de dañar a la planta o quemarla, como también presenta una alta carga microbiana que resulta de la actividad biológica del suelo, esta flora bacteriana es la que desempeña las funciones vinculadas a la absorción de nutrientes por las raíces.

La lombricomposta hace el suelo más suelto y mejora la aireación. Es un sustrato que ayuda a mejorar el crecimiento de las plantas, gracias a su alto contenido de nutrientes, y sobre todo el nitrógeno, fósforo y potasio.

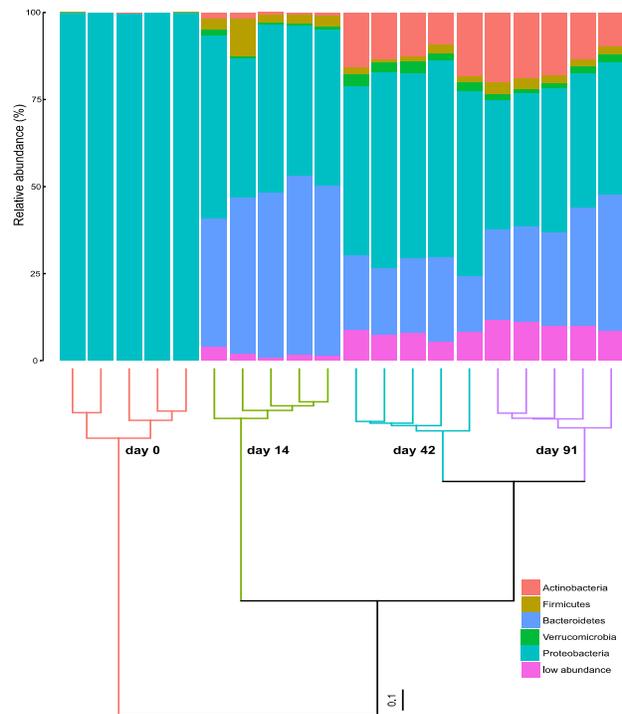


Figura 14. Cambios en la comunidad bacteriana (a nivel de Phylum) durante el proceso de vermicompostaje de una fabacea (*Cytisus scoparius*, bruja dorada). El dendrograma representa las diferencias de comunidades bacterianas, con base a sistemas estadísticos, método Ward (Dominguez *et al.*, 2019).

La lombricultura es una de las nuevas técnicas de la agricultura orgánica, ya que, por medio del manejo de procesos naturales en el suelo, permiten favorecer su dinámica obteniendo un impacto benéfico en lo agrícola, social y económico.

La lombricultura representa un negocio en expansión y en un futuro será el medio más eficiente y rápido para la recuperación de los suelos, ya que puede usarse como mejorador del suelo o como sustrato para el crecimiento de las plantas en invernaderos o viveros.

A su vez se pretende dar un valor agregado a la cadena de producción de alimentos, impulsando la formación de pequeñas sociedades que conlleven a un progreso integral sustentable en lo económico, productivo y social.

3. CONCLUSIONES

Se puede concluir que el vermicompost de estiércol de ganado aumenta los parámetros agronómicos en comparación con el estiércol de ganado crudo. Se favorece el aumento del contenido de nutrientes minerales en las hojas, semillas y raíces. Como también juega un papel muy importante en la materia orgánica en el suelo ya que es fundamental para el mantenimiento de su fertilidad.

La vermicomposta es una herramienta biotecnológica que permite reconvertir los desechos orgánicos biodegradables tales como restos de comidas, estiércol, restos de cosechas, entre otros, ya que con la conversión de estos subproductos podemos utilizar para mejorar el suelo, incrementa el crecimiento y la productividad de cultivos hortícolas, plantas medicinales, etc.

Como también es una alternativa agroecológica ya que se emplea la transformación de residuos sólidos, con el fin de producir abonos orgánicos, este es un proceso de descomposición natural con beneficios para la salud del hombre, ecológicos y económico, proporcionando a los suelos permeabilidad en el agua y el aire, y la capacidad de almacenar y liberar nutrientes que sean requeridos para la planta de forma sana y equilibrada para la salud del hombre ya que los fertilizantes químicos son altamente peligrosos ya que en dosis excesivas hay graves perjuicios para el suelo y el ser humano.

4. LITERATURA CITADA

- Acosta D.C.M., Solís P.O., Villegas T.O.G., Cardoso V.L., 2013.** Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. Agronomía Costarricense. 37(1):127-139.
- Adeleke R., Cloete T. E., y Khasa D. P., 2011.** Culturable microorganisms associated with Sishen iron ore and their potential roles in biobeneficiation. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 28:1057-1070. doi:10.1007/s11274-011-0904-2.
- Agüero, D., R. Alfonso., E., T. 2014.** Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales. 35 (4):52-59.
- Astier, C.M., Argueta, Q., Orozco-Ramírez, Q., González, S.M.V., Morales, H.J., Peter Gerritson, P.E.W., Escalona, M., Rosado, M., Sánchez-Escudero, J., Martínez, T.S.S., Sánchez-Sánchez, C.D., Arzuffi, B.R., Castrejón, A.F., Morales, H., Soto, P.L., Mariaca, M.R., Ferguson, B., Rosset, P., Ramírez, T.H.M., Jarquin, G.R., Moya, G.F., González-Esquivel, C., Ambrosio, M., 2015.** Historia de la Agroecología en México. Agroecología. 10(2):9-18.
- Atanda, A. C., Adeleke, R. A., Jooste, P. J., & Madoroba, E., 2018.** Insights into the Microbiological Safety of Vermicompost and Vermicompost Tea Produced by South African Smallholder Farmers. Indian Journal of Microbiology, 58(4), 479-488. <https://doi.org/10.1007/s12088-018-0748-7>.
- Baghel, B., Sahu, R., Pandey, D., 2018.** Vermicomposting an economical enterprise for nutrient and waste management for rural agriculture. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 7 (2), 3754e3758.
- Bhat, S.A., Singh, J., Vig, A.P., 2015.** Potential utilization of bagasse as feed material for earthworm *Eisenia foetida* and production of vermicompost. Springerplus 4, 11.

- Barahona EA. 2003.** La genética en México: institucionalización de una disciplina. Ciudad de México: UNAM.
- Chanu, L.J., Hazarika, S., Choudhury, B.U., Ramesh, T., Balusamy, A., Moirangthem, P., Yumnam, A., Sinha, P.K. 2018.** A Guide to vermicomposting-production process and socio economic aspects. In Extension Bulletin No. 81 (Meghalaya, India, ICAR Research Complex for NEH Region), 38. Umroi Road, Umiam, Meghalaya, India-793103
- Coulibaly, S.S., Edoukou, F.E., Kouassi, K.I., Barsan, N., Nedeff, V., Bi Zoro, I.A., 2018.** Vermicompost utilization: A way to food security in rural area. Heliyon 4, e01104.
- Cornelio, V.M. y Canepa, J.R. 2016.** Vermicompostaje: I Avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8(2):393-406
- Cornelio, V.M. Canepa, J.R. 2017.** Vermicompostaje: II Avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8(2):407-421.
- Cotter J, Osborne MA. 1996.** Agronomía afranceada: The french contribution to mexican agronomy, 1880- 1940. Science Technology & Society 1: 25-49.
- Cotter J. 2003.** Troubled Harvest. Agronomy and revolution in México, 1880-2002. Westport: PRAEGER.
- Díaz, E. 2002.** Guía de lombricultura. Lombricultura una alternativa de producción para emprendedores y productores del agro-lombricultura. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior. La Rioja, España. 57 pp.
- Díaz, D. Cova, L.J. Castro, A. García, D.E. Perea, F. 2008.** Dinamica de crecimiento y producción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida sav.*) en cuatro sustratos a base de estiércol bovino. Agricultura Andina. 15(Jul-Dic):39-55.

- Dominguez, J., Aira, M., Kolbe, A.R., Gomez-Brandon, M., Perez-Losada, M., 2019.** Changes in the composition and function of bacterial communities during vermicomposting may explain beneficial properties of vermicompost. *Sci Rep* 9, 9657.
- Domínguez, J. Lazcano, C. Gómez, M.B. 2010.** Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acata Zool. Mex.* 26(2):359-371.
- Durán, L., & Henríquez, C. 2009.** Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 33(2), 275-281.
- Fornes, F., D. Mendonza-Hernández, R. Gracia-de-la-Fuente, M. Abad, y R. M. Belda,. 2012.** Composting versus vermicomposting: a comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes, *Bioresource Technology*, 118:296–305.
- Fragoso, C. Rojas, P. 2014.** Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassiditellata) en México. *Rev. Mex. Biodiv.* 85(Supl Ene):197-207. DOI.10.7550/rmb.33581
- Guanche-García, A. 2015.** Las Lombrices y la Agricultura. Información Técnica. Fecha de consulta. Mayo del 2020. Disponible en: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_562_lombrices%20y%20la%20agricultura2.pdf.
- Garg, K.V. Yadav, K.Y. Sheoran, A., Chand, S, Kaushik, P. 2006.** Livestock excreta management through vermicomposting using an epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *Environmentalist*. 26:269-276. DOI. 10.1007/s10669-006-8641-z
- Garay, V.A. Rindermann, R.S. Rangel, P.P 2015.** Capítulo 1. La agricultura orgánica en México. 18-19.

- Gliessman, SR. 2013.** Agroecology: Growing the roots of resistance. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 37:19-31.
- Guillermo, G. R. Garibay, N.A. Amador, M.B. Serrano, R.R. Floriani, V.E.A. Medina, H. J. D Murillo, A.X. Medrano, G.Z.E. 2012.** Guía Técnica para la producción de Lombricomposta.
- Hernández, M., F. Rangel, P., P. Valencia, R., T. Castillo, I., O. Vázquez, C., V. 2015.** Uso y Aprovechamiento de los Abonos Orgánicos Agricultura Orgánica en México. 31-43.
- Jahanbakhshi, A., Kheiralipour, K., 2019.** Influence of vermicompost and sheep manure on mechanical properties of tomato fruit. *Food Sci Nutr* 7, 1172-1178.
- Landgraf, M.D., S. C. Da Silva, y M. O. O. Rezende. 1998.** Mechanism of metribuzin herbicide sorption by humic acid samples from peat and vermicompost. *Analytica Chimica Acta.* 368(1-2):155–164.
- Lim, S.L., Lee, L.H., Wu, T.Y., 2016.** Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent over- view, greenhouse gases emissions and economic analysis. *J. Clean. Prod.* 111, 262e278.
- Matteoli, F.P., Passarelli-Araujo, H., Reis, R.J.A., da Rocha, L.O., de Souza, E.M., Aravind, L., Olivares, F.L., Venancio, T.M., 2018.** Genome sequencing and assessment of plant growth-promoting properties of a *Serratia marcescens* strain isolated from vermicompost. *BMC Genomics* 19, 750.
- Matheus L. J., Caracas, J., Montilla, F. y Fernández, O. 2007.** Eficiencia agronomica relativa de tres abonos organicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L). *Agricultura Andina.* 13(Jul-Dic):27-38

- Méndez, L.A., Martínez V.P. Novelo, A.F. 2006.** Perfil del mercado de la vermicomposta como abono para jardín en la ciudad de Mérida, Yucatán, México. Revista Mexicana de Agronegocios. X(19):1-15
- Melgar, R. Fernández, M.M. 2012.** Recomendaciones para elaborar compost y vermicompost a partir de restos vegetales. Almería. Consejo de Agricultura, Pesca, y Medio Ambiente, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquería. España. 21 pp.
- Mishra, S., Wang, K.H., Sipes, B.S., Tian, M., 2017.** Suppression of Root-Knot Nematode by Vermicompost Tea Prepared From Different Curing Ages of Vermicompost. Plant Dis 101, 734-737.
- Molano, L.M. 1997.** Alternativas de Vida. Compostaje reciclaje. Fecha de consulta. Junio 2020. Disponible en: https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/4089/1/alternativas_vida_compostaje_reciclaje.PDF.
- Morales, R.M. 2011.**Taller de Elaboración de Lombricoposta, Manual de Instrucción para el Taller Básico de Lombricomposta.
- Moreno, A. 2005.** Origen, importancia y aplicación de la vermicomposta para el desarrollo de especies vegetales. Fecha de consulta. 13 de mayo del 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266338267_Origen_importancia_y_aplicacion_de_vermicomposta_para_el_desarrollo_de_especies_hortícolas_y_ornamentales
- Murguía, M.L. Mamani, B.C. Tancara, H.P. Tintaya, D.H. Osorio, I.C. Palero, B.C. 2010.** Comportamiento de lombriz roja californiana y lombriz silvestre en bosta bovina y rumia bovina como sustrato. Revistas Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4:555-565.

- Loza, M.P.G. Mamani, M. Sainz H.F..2011.** Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) Durante el Composteo y Vermicomposteo en Predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa Joournal of the Selva Andina Research Society, vol.2, pp.24-39.
- Muñoz O., A. 2000.** Método de cruas en maíz A x B de Edmundo Taboada Ramírez. Agricultura Técnica de México 26: 17-30.
- Nejatzadeh, F., 2019.** Data on growth and production of (*Aloe vera* L.) treated by different levels of vermicompost and nitrogen fertilizer. Data Brief 22, 709-715.
- Najar, I.A., Khan, A.B., Hai, A., 2015.** Effect of macrophyte vermicompost on growth and productivity of brinjal (*Solanum melongena*) under field conditions. Int. J. Recycl. Org. Waste Agric. 4, 73e83.
- Pereira M. de, G., Neta, L.C., Fontes, M.P., Souza, A.N., Matos, T.C., Sachdev Rde, L., dos Santos, A.V., da Guarda Souza, M.O., de Andrade, M.V., Paulo, G.M., Ribeiro, J.N., Ribeiro, A.V., 2014.** An overview of the environmental applicability of vermicompost: from wastewater treatment to the development of sensitive analytical methods. Scientific World Journal. 2014:1-15.
- Perdomo, K. S.P. 2007.** Seguimiento del proceso de humificación en compost inoculado. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias Carrera de Microbiología Industrial. Bogota, Colombia. 66 pp.
- Perkins JH. 1990.** The Rockefeller Foundation and the green revolution, 1941-1956. Agriculture Human Values 7: 6-18.
- Pineda, J.A.2006.** Lombricultura. Gerencia Técnica Dirección de Generalización de Tecnología. Fecha de consulta. Marzo del 2020. Disponible en: <http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/aa3947fa7e7b1775e4a2dc2261ead741.pdf>

- Román, P., Martínez, M.M. Pantoja, A. 2013.** Manual del compostaje del agricultor experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile. Santiago de Chile. 112 pp.
- Rosales, S. C. Tripon, S.C. y Cerna, J. 1998.** Producción de banano organico y/o ambiente amigable. Memorias del taller internacional realizado en la EARTH. Guacimo, Costa Rica. 264 pp.
- SAGARPA,** subsecretaria de Desarrollo Rural Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural.
- Sangwan P. Kaushik, P.C. Garg, K.V. 2008.** Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposters using exotic earthworm *Eisenia foetida*. Biores. Technol. 99(7):2442-2448
- Santos, S. Urquiaga, R. 2013.** compostaje y vermicompostaje doméstico. Centro Nacional de Educación Ambiental. Fecha de consulta. Junio 2020. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2013-04-santos-urquiaga_tcm30-16360
- Sari, S., Aksakal, E.L., Angin, I., 2017.** Influence of vermicompost application on soil consistency limits and soil compactibility. Turk. J. Agric. For. 41:357e371.
- Senthil Kumar, D., Satheesh Kumar, P., Rajendran, N.M., Uthaya Kumar, V., Anbuganapathi, G., 2014.** Evaluation of vermicompost maturity using scanning electron microscopy and paper chromatography analysis. J Agric Food Chem 62: 2738-2741.
- Uicab-Brito, A.L. Sandoval, C. 2003.** Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 2(2):45-63.
- Uribe, L, L.2003.**Taller de abonos Orgánicos/CATIE. San José, Costa Rica.

- Viramontes, U., F. Hernández, G., N. Delgado, J., A. Wong., A., C. 2015.** Uso y aprovechamiento de los abonos orgánicos. *Agricultura Orgánica en México*. 31-43.
- Wang, X.X., Zhao, F., Zhang, G., Zhang, Y., Yang, L., 2017.** Vermicompost improves tomato yield and quality and the biochemical properties of soils with different tomato planting history in a greenhouse study. *Front Plant Sci* 8:1978.
- Wezel A, Soldat V. 2009.** A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability* 7(1): 3-18.
- You, X., Tojo, M., Ching, S., Wang, K.H., 2018.** Effects of vermicompost water extract prepared from bamboo and kudzu against *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis*. *J Nematol* 50, 569-578.
- Zapata, I.C. Martínez, L. Posada, E. González, M.E. Saldarriaga, J.F. 2017.** Efectos de la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*), sobre el crecimiento de microorganismos 27(1):77-90.