

REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL

“LOMBRICOMPOSTA COMO FERTILIZANTE NATURAL PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE: EXPERIMENTO EN LA UNIVERSIDAD VASCO DE QUIROGA”

Autor: Pérez Pérez Ana Paulina

Tesis presentada para obtener el título de:
Ingeniería en Innovación y Tecnología Agrícola

Nombre del asesor:
Montes Esquivel Eduardo

Este documento está disponible para su consulta en el Repositorio Académico Digital Institucional de la Universidad Vasco de Quiroga, cuyo objetivo es integrar organizar, almacenar, preservar y difundir en formato digital la producción intelectual resultante de la actividad académica, científica e investigadora de los diferentes campus de la universidad, para beneficio de la comunidad universitaria.

Esta iniciativa está a cargo del Centro de Información y Documentación “Dr. Silvio Zavala” que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados.

Esta Tesis se publica bajo licencia Creative Commons de tipo “Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada”, se permite su consulta siempre y cuando se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras derivadas.





UNAQ

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERA EN INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLA

PRESENTA LA TESIS TITULADA

**“LOMBRICOMPOSTA COMO FERTILIZANTE NATURAL PARA
UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE: EXPERIMENTO EN LA
UNIVERSIDAD VASCO DE QUIROGA“**

ANA PAULINA PÉREZ PÉREZ

**ASESORADA POR EL
DR. EN CS. ANTONIO RAFAEL RAMOS ARREOLA**

MARZO 2026



UNIVERSIDAD VASCO DE QUIROGA
CAMPUS TRES MARIAS
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Lombricomposta como fertilizante natural para la una agricultura sustentable:
experimento en la Universidad Vasco de Quiroga

Presentada por:

ANA PAULINA PÉREZ PÉREZ

TESIS DE LICENCIATURA

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

INGENIERIA EN INNOVACION Y TECNOLOGIA AGRICOLA

Aprobado por:

Dr. en Cs. Antonio Rafael Ramos Arreola
Asesor principal

Coasesor

Coasesor

Mtro. Forteza
Director de la Unidad Tres Marías de la
Universidad Vasco de Quiroga

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Agradezco principalmente a Dios por brindarme salud, sabiduría, guía y acompañarme siempre, por permitirme haber terminado y por estar conmigo siempre.

Agradezco a mi madre por estar conmigo en cada paso y también en cada momento difícil, por su cariño incondicional, por enseñarme a no rendirme, por todas sus enseñanzas y nunca soltarme.

Agradezco a mi padre por su apoyo en todo mi desarrollo académico, por sus consejos y conocimientos compartidos, por su cariño, por alentarme a ser mejor todos los días y estar presente en todo momento.

Agradezco a mi familia por motivarme siempre, en especial a mi abuelo por enseñarme que con esfuerzo y dedicación los sueños sí se cumplen, por todas sus enseñanzas, momentos compartidos y su apoyo.

Agradezco a mi Asesor de tesis el Doctor Antonio Rafael Ramos, que en todo momento estuvo presente el desarrollo de mi tesis, por su tiempo, sus conocimientos compartidos y sus consejos en todo mi desarrollo académico para ser mejor persona.

Agradezco a todos mis profesores por su tiempo, paciencia y conocimientos compartidos en toda la carrera.

Este trabajo va dedicado a mi familia, Rosa Elvia Pérez Pérez e Ismael Pérez Sánchez y a mi hermana Mariana Karol Pérez.

Índice general

Resumen	7
Introducción	8
Planteamiento del problema	8
Justificación	10
Hipótesis	11
Objetivo general	11
Objetivos específicos	11
I. REVISIÓN DE LITERATURA	12
I I. Marco de Referencia	16
Características del proceso de producción de la lombricomposta	16
I I I. Diseño metodológico	27
3.1 Encuadre metodológico	27
3.2 Ámbito de estudio	27
3.3 Tipo de estudio	28
3.4 Condiciones de elaboración: Materiales utilizados en lombricomposta	28
3.5 Métodos (véase figuras 4 al 9)	28
IV. Resultados del proceso de elaboración de la lombricomposta universitaria	32
4.7 Final del experimento	36
V. Conclusiones	38
Recomendaciones	39
Bibliografía	41

Índice de tablas

Tabla 1	Ventajas de la producción agrícola convencional (tradicional) y orgánica.	13
Tabla 2	Desventajas (contras) de la producción agrícola convencional (tradicional) y orgánica	14
Tabla 3	Resultados de peso y densidad poblacional de la Eisenia foetida	35

Índice de figuras

Figura 1	Morfología de la Lombriz roja californiana	18
Figura 2	Sistema circulatorio de la lombriz	22
Figura 3	Copula y formación del capullo de huevos de la lombriz roja californiana	24
Figura 4	Etapa inicial del proceso de lombricompostaje utilizando la lombriz roja californiana	27
Figura 5	Segunda fase del método de lombricomposta (lombriz roja californiana)	28
Figura 6	Tercera fase del método de lombricomposta (lombriz roja californiana)	28
Figura 7	Cuarta fase del método de la lombricomposta (lombriz roja californiana)	29
Figura 8	Quinta fase del método de lombricompostaje (lombriz roja californiana)	29
Figura 9	Sexta etapa del método de lombricompostaje utilizando Eisenia foetida (lombriz roja californiana)	30
Figura 10	Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 1)	31
Figura 11	Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 2)	31
Figura 12	Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 3)	32
Figura 13	Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 4)	32
Figura 14	Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 5)	33
Figura 15	Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 6)	34
Figura 16	Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 6)	34
Figura 17	Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (etapa final)	35

Resumen

El presente estudio corresponde a un diseño experimental descriptivo de corte longitudinal describiendo los cambios y análisis de la crianza y reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a lo largo de seis semanas, realizando mediciones, con el propósito de evaluar su eficiencia en la descomposición de materia orgánica y la utilización del subproducto como fertilizante orgánico. La investigación se llevó a cabo en la Universidad Vasco de Quiroga bajo condiciones controladas, considerando parámetros relevantes asociados a la crianza y reproducción de las lombrices para la obtención de humus. Se examinaron variables como temperatura, humedad, tipo de sustrato y densidad poblacional, a fin de determinar su influencia en el crecimiento y la reproducción de la lombriz roja californiana. Los resultados identifican que la temperatura óptima para estos procesos se ubica entre 20-25°C, con un pH de 7 y una humedad entre el 70% y el 80%. Asimismo, se observó una tasa reproductiva superior al incorporar residuos orgánicos, especialmente aquellos derivados de frutas y verduras exentas de cítricos. La densidad poblacional moderada, situada entre 50 y 100 ejemplares por semana, permitió alcanzar un total estimado de 800 a 1100 individuos al término de seis semanas. Estos hallazgos sugieren que una tasa de reproducción media es adecuada para el crecimiento poblacional en experimentos conducidos en la UVAQ, y ofrecen información relevante para optimizar las prácticas de compostaje y promover el uso sostenible de la lombriz roja californiana en los sectores agrícola y de gestión de residuos.

Palabras clave: *Eisenia foetida*, lombricultura, lombricompostaje, reproducción, lombriz roja californiana.

Abstract

This study presents an experimental approach focused on the breeding and reproduction of the Californian red worm (*Eisenia foetida*), with the aim of evaluating its efficiency in decomposing organic matter and using the resulting by-products as organic fertilizer. The research was conducted at the Universidad Vasco de Quiroga under controlled conditions, considering key parameters for worm growth and reproduction, such as temperature, humidity, substrate type, and population density. The results showed that optimal conditions for reproduction and humus production were between 20–25 °C, with a neutral pH and substrate moisture of 70–80%. A higher reproductive rate was observed when organic residues were incorporated, particularly fruit and vegetable wastes free of citrus. A moderate initial population density of 50–100 individuals per week resulted in a total of approximately 800 to 1,100 worms after six weeks. These findings indicate that maintaining moderate density and adequate environmental conditions promotes healthy population growth and humus production. Overall, the study provides useful insights to optimize vermicomposting practices and highlights the potential of *Eisenia foetida* for sustainable agriculture and organic waste management.

Keywords: *Eisenia foetida*, vermiculture, vermicomposting, reproduction, Californian red worm.

Introducción

Este estudio presenta una actividad universitaria, en el cual durante nuestra formación académica dentro de una práctica nos mostró el proceso de la lombricultura, que es una actividad dedicada a la crianza de lombrices, en particular, se empleará la lombriz roja californiana, responsable de la producción de humus, el cual, se obtiene mediante un proceso de transformación vinculado al reciclaje de materia orgánica y la excreción de humus por parte de las lombrices.

Es importante destacar que esta actividad contribuye significativamente al perfeccionamiento de los sistemas de producción agrícola, ya que aporta nutrientes esenciales al suelo, frecuentemente afectado por la erosión continúa derivada de ciertas prácticas agrícolas, el uso de fertilizantes químicos y otros factores que degradan la tierra, el agente principal de este proceso es el humus, considerado un fertilizante de alta calidad, eficiencia y bajo costo. En ese aspecto, este trabajo se lleva a cabo en la Universidad Vasco de Quiroga, en el área de prácticas, en un contexto universitario, con el objetivo de abordar la producción de lombricomposta y así contribuir a la creación de conciencia ambiental entre estudiantes y docentes. Por esa razón, este proyecto analiza el impacto del lombricompostaje en la reducción de residuos orgánicos, en la mejora de la calidad del suelo y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles dentro y fuera de la universidad

Planteamiento del problema

La industrialización ha generado un incremento en la cantidad de residuos en el mundo, siendo uno de los principales problemas en la actualidad, existen millones de personas en el mundo que diariamente consumen alimentos, generando una alta cantidad de residuos orgánicos, de modo que, un mal manejo de estos residuos puede causar problemas ambientales como la generación de lixiviados tóxicos para la tierra y gases de efecto invernadero. En consecuencia, a raíz de este problema, se han desarrollado diversas soluciones ecológicas para contrarrestar y disminuir la contaminación, dando origen a diferentes técnicas de compostaje.

El planteamiento del problema en la creación de lombricomposta dentro de un experimento universitario puede centrarse en la necesidad de identificar alternativas sostenibles para la gestión de residuos orgánicos, la optimización de la calidad del suelo y la promoción de la conciencia ambiental, al respecto, para manejar adecuadamente la lombricomposta, es esencial conocer su composición, su relación con la tierra y su papel ecológico en la producción agrícola.

No se dispone de un porcentaje específico sobre la producción de lombricomposta en México a nivel nacional, según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). No obstante, es conocido que el compostaje, incluyendo el lombricompostaje, se emplea en México como método para tratar residuos orgánicos.

Además, el INEGI (2022) no cuenta específicamente las granjas de lombricomposta en México, pero el censo agropecuario de 2022 mostró un aumento a 265,508 unidades de producción agropecuaria, porque, este dato indica un crecimiento de 66.7% en comparación con años anteriores, con una tasa anual de 3.5%, lo que sugiere un aumento en la actividad agropecuaria en general, incluyendo potencialmente granjas de lombricomposta, de igual manera, el Censo Agropecuario no especifica tipos de producción como las granjas de lombricomposta, por consiguiente no se puede saber cuántas de ellas hay en México.

Aunque el INEGI no da un número exacto de granjas de lombricomposta, los datos sobre el crecimiento agropecuario son los siguientes: en 2022, México produjo 300 millones de toneladas agropecuarias y pesqueras. De octubre 2021 a septiembre 2022, hubo 4,629,134 unidades de producción agropecuaria activas con una superficie sembrada de cultivos anuales de 14,987,682.73 hectáreas. En el mismo período, se cultivaron 7,933,316.46 hectáreas de árboles frutales o plantaciones. Este aumento sugiere una posible expansión en la producción de lombricomposta en México.

De manera que, la lombricomposta es una técnica en la que se transforman los desechos orgánicos en abono con una alta cantidad de nutrientes para las plantas, este proceso se lleva a cabo mediante la lombriz roja californiana, que descompone los residuos y produce

fertilizante en forma de tierra procesada rica en nutrientes, así como un lixiviado líquido concentrado de nutrientes, por esta razón , la técnica reduce considerablemente los residuos orgánicos que generalmente terminan en los basureros y ayuda a mejorar los suelos, fomentando una agricultura más sustentable, orgánica y ecológica.

Justificación

El presente trabajo se inició el 2 de octubre del 2024 y tiene como propósito conocer la importancia de utilizar el humus de lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) y crear un abono natural altamente beneficioso para la producción agrícola, dado que, permite la reutilización de residuos orgánicos, contribuyendo así al cuidado del medio ambiente, ya que, este proceso no solo favorece el desarrollo y bienestar de las plantas, sino que también enriquece el suelo con numerosos minerales esenciales.

Una lombricomposta a partir del experimento universitario se genera a partir de la actividad de lombrices, las cuales descomponen los residuos orgánicos, siendo una de las principales ventajas la mejora de la permeabilidad del suelo, al mismo tiempo el suelo tiene aireación y absorción del agua, optimizando de esta forma las condiciones para el crecimiento de las plantas.

A continuación, se describen algunos beneficios del lombricomposteo:

- La retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar nutrientes esenciales para las plantas se incrementan considerablemente.
- El contenido microbiano elevado es resultado de la actividad biológica del suelo, entre otros beneficios destacados.
- Con pH neutro, puede aplicarse en cualquier cantidad sin riesgo de dañar las plantas; la química del humus de lombriz está equilibrada, lo que permite sembrar semillas directamente sin riesgos.
- Optimiza las condiciones del suelo en jardines y huertos.
- Promueve la agricultura sostenible, contribuyendo al bienestar ambiental.

- Valora los principios de los ciclos naturales.

En concreto, la lombricomposta aporta beneficios significativos al medio ambiente al mitigar los problemas asociados con las grandes cantidades de residuos orgánicos desechados o acumulados, porque, la conversión de estos desechos en abono orgánico mejora la calidad del suelo, favoreciendo su uso en la agricultura.

Pregunta de Investigación

¿La lombricomposta mejora el suelo y produce abonos orgánicos de alta calidad?

Hipótesis

El uso de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) en un sistema de lombricomposta con sustratos orgánicos controlados en la Universidad Vasco de Quiroga aumentará la biomasa y la densidad poblacional al final del experimento respecto a los valores iniciales.

Objetivo general

Desarrollo de un experimento sobre la crianza de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para respaldar las prácticas de Ingeniería en Innovación y Tecnología Agrícola en la Universidad Vasco de Quiroga, Morelia, Michoacán.

Objetivos específicos

- Analizar los beneficios del experimento en la producción de lombricomposta para la recuperación de la fertilidad del suelo y la mejora del rendimiento en la producción agrícola.
- Elaboración de humus sólido utilizando lombriz roja californiana para la recuperación del suelo.

- Evaluar el impacto del uso de lombricomposta en el experimento académico.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 La agricultura orgánica y convencional: Antecedentes

La agricultura ha existido desde tiempos antiguos, y las civilizaciones desarrollaron técnicas para aprovechar los recursos del entorno y producir alimentos, de esta forma, son importantes para la conservación del suelo y el ambiente, mediante, la rotación de cultivos que es una técnica que alternaba cultivos anuales en diferentes ciclos para así mantener la fertilidad del suelo y reducir plagas y enfermedades (Cherlinka, EOS DATA ANALYTICS, 2021), en relación con esto, uso de abonos orgánicos como estiércol y compost mejoran la composición y estructura del suelo, reteniendo nutrientes esenciales (Caldas, 2013)¹, de acuerdo a lo anterior, la técnica del acolchado utilizada por 300 años, consiste en esparcir paja o restos de cultivos sobre el suelo para conservar la humedad, controlar la maleza y mejorar el contenido de materia orgánica. La asociación de cultivos, una técnica mesoamericana, empleaba diferentes especies de plantas que se favorecían mutuamente para su desarrollo, mejorando la disponibilidad de nutrientes y evitando plagas y enfermedades (Rural, 2024).

Con base a lo anterior, (Howard, 1943), expone que, la agricultura toma fuerza en Inglaterra en 1930 con el botánico británico Albert Howard que indago y abordo los principios de la agricultura, presentados en su libro “*An Agricultural Testament*” donde, se da a conocer la importancia del compostaje y el acolchado agrícola, así como, el uso racional de los recursos con un suelo saludable y fértil. La agricultura orgánica alimenta las plantas sin abonos solubles, usando microorganismos beneficiosos, de acuerdo con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, la agricultura orgánica es un sistema que solo utiliza productos que no contengan productos químicos y que cuenten con buenas prácticas como lo es la rotación de cultivos, recubrimiento de cosechas, estiércol de animales, desechos orgánicos y control biológico de plagas y enfermedades, por lo que, de acuerdo con, (Gutiérrez-Martínez, Aguilar Jiménez, Galdámez Galdámez, & Martínez Aguilar, 2019)

¹ https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1991_08.pdf

detallan que, los biofertilizantes están constituidos por microorganismos vivos, los cuales, cuando se aplican a semillas, superficies de plantas o suelos, colonizan la rizosfera o el interior de la planta y promueven el crecimiento al incrementar el suministro o la disponibilidad de nutrientes primarios a la planta hospedera, es importante señalar que no contaminan los productos vegetales ni el suelo; además, ayudan a regenerarlo, como resultado, algunos inducen el desarrollo de mecanismos de defensa de las plantas y generan ambientes adversos a patógenos. La lombricomposta contribuye al proceso de nutrición biológica de las plantas, permitiendo el aprovechamiento del nitrógeno atmosférico, desarrollando un sistema radicular y ayudando a una mayor solubilidad y conductividad de nutrientes. La Asociación Mexicana de Agricultores Ecológicos (AMAE) utiliza la agricultura orgánica como una ciencia para obtener productos mediante buenas prácticas agrícolas que fortalecen el ecosistema sin el uso de agroquímicos (Rodríguez, 1995).

En ese aspecto, la Federación Internacional de Movimientos Agrícolas define la agricultura orgánica como un sistema que favorece el bienestar del suelo, los ecosistemas y las comunidades. Se basa en procesos ecológicos y ciclos específicos, evitando insumos dañinos y utilizando ciencia y tradiciones para apoyar al medio ambiente. Este enfoque fomenta relaciones equitativas y asegura una alta calidad de vida. Por consiguiente, los principios de ambos organismos coinciden, dado que, ambos buscan la producción de alimentos sin productos químicos dañinos para el ambiente, manteniendo la fertilidad de los suelos y utilizando los recursos naturales de manera adecuada, respetando a los sistemas de producción, además, destacan las técnicas de producción y conservación tradicionales, en ese sentido, este modelo tradicional resalta en el cuidado del suelo y del entorno de trabajo, destacándose los beneficios que de las buenas prácticas agrícolas obteniendo resultados positivos en la salud del consumidor y en el ecosistema, siendo de esta forma, un sistema de producción más sustentable para el intercambio del mercado orgánico (Tapia, B., 2017).

En la agricultura convencional, los descubrimientos y el desarrollo de nuevas tecnologías hacen más de 200 años dieron lugar a la ciencia, lo que llevó a la Revolución Industrial. Esto resultó en muchos avances para la sociedad, pero también presentó riesgos para el medio ambiente., en este sentido , de acuerdo con, (Tapia, B., 2017) citando a (Martínez & Clemente, 2011), especifica que, a los inicios del siglo XX a medida que la población iba

aumentando se incrementaba la demanda de alimentos y por consecuencia se desarrollaron nuevas técnicas para producir alimentos en mayor cantidad y en menor tiempo con la ayuda de maquinaria agrícola y productos químicos, dando así inicios a la Revolución verde entre los años 1940 y 1970 la base de la agricultura convencional (Gliessman, 1998), esta técnica fue adoptada por diversos productores a nivel mundial debido a la mejora en los rendimientos de los cultivos y el aumento de las ganancias. Después de la Segunda Guerra Mundial, la aplicación de fertilizantes químicos aumentó significativamente de 9 millones de toneladas a más de 47 millones de toneladas entre 1940 y 1980, estabilizándose en 141 millones de toneladas en 2002 (Caldas, 2013).

En México se implementó en el siglo XXI por medio de la Fundación Rockefeller por medio de apoyos financieros, crediticios y servicios técnicos. Como obtuvieron buenos resultados dieron paso a la entrada de maquinaria agrícola y así presionar a los productores a innovar con semillas mejoradas, sistemas de riego automatizados y fertilizantes químicos para los cultivos. (Rodríguez, 1995), en ese aspecto, (Velazquez Valdivia, López Valdivia, & Delgadillo Sosa, 2020), detallan que la agricultura convencional es un sistema de producción dependiente de insumos externos a los procesos naturales como lo son los fertilizantes y plaguicidas químicos. La agricultura no toma en cuenta los factores y ciclos naturales, se enfoca en los métodos intensivos para la producción de alimentos a mayores cantidades, en menor tiempo y sin usar tanto espacio, dando como resultado un deterioro ecológico, de igual manera, (Gliessman, 1998), explica que, la agricultura convencional utiliza tecnologías avanzadas como agroquímicos y monocultivos para controlar procesos naturales, lo que puede degradar el medio ambiente y reducir la resiliencia del ecosistema agrícola, así mismo, (Altieri, 2001, págs. 98-116), experto en agroecología señala que la agricultura convencional es un sistema dependiente de insumos externos que busca aumentar la productividad a corto plazo, pero que genera impactos negativos en el suelo, el agua y la biodiversidad.

1.2 Ventajas y desventajas de la agricultura orgánica y convencional

La agricultura orgánica o agroecología surge por dos crisis: la ambiental, que nos hace ver que los recursos del planeta son finitos, y la necesidad de mantener la capacidad del

ecosistema para satisfacer nuestras necesidades (Mereilles, 2003), en consecuencia, se caracteriza por ser un sistema de producción basado en procesos que gestiona los recursos naturales de manera integral, equilibrando elementos técnicos, sociales, económicos y agroecológicos, siendo un proceso de producción sostenible, donde los consumidores de productos orgánicos valoran principalmente sus beneficios para la salud, la seguridad alimentaria y el medio ambiente (Cevallos Suarez, Urdaneta Ortega, & Jaimes, 2019).

Tabla 1

Ventajas de la producción agrícola convencional (tradicional) y orgánica

Convencional	Orgánica
<ul style="list-style-type: none"> • La agricultura convencional permite altos rendimientos por hectárea para satisfacer la demanda alimentaria. • Los fertilizantes sintéticos aumentan la producción de cultivos. • Las innovaciones tecnológicas aseguran alimentos disponibles todo el año. La eficiencia en la producción mantiene precios bajos para el consumidor. 	<ul style="list-style-type: none"> • La agricultura orgánica emplea técnicas que no dañan el ambiente. • Utiliza cultivos de cobertura, que son plantas que cubren el campo temporalmente. • Estos cultivos aumentan la fertilidad del suelo, mejoran la retención de agua, reducen la erosión, oxigenan el suelo e incrementan la materia orgánica (Cherlinka, EOS DATA ANALYTICS, 2024). • Usa barreras y enemigos naturales para controlar plagas y enfermedades, evitando así los plaguicidas químicos. • Emplea fertilizantes orgánicos como estiércol, lombrices para producir humus y lixiviado, y hongos beneficiosos como micorrizas para obtener cultivos libres de químicos y con mayor valor para el consumidor

Fuente: elaboración propia con base a la bibliografía consultada

En los últimos años, ha habido un notable crecimiento a nivel global, evidenciado por el hecho de que el 1.2% de la superficie agrícola mundial cuenta con certificación orgánica. Australia lidera esta tendencia con la mayor superficie cultivable certificada, seguido por Argentina, China, Estados Unidos y España, cabe destacar que América Latina representa el 11% de la producción orgánica mundial, con una tendencia creciente y alrededor de 220 mil productores involucrados en este sector (Wang, Wang, Cai, & Ding, 2010). Entre las principales ventajas se encuentran la preservación de la fertilidad de los suelos, la rotación

de cultivos y la preservación de la calidad de los alimentos, teniendo algunas desventajas son los costos inicialmente elevados, los tiempos de maduración más extensos y el mayor control requerido sobre los cultivos (véase tabla 1). Una desventaja de la agricultura orgánica (véase tabla 2) cuando la producción es para la exportación, la producción suele reducir la rotación de cultivos y el policultivo, lo que afecta la diversidad y el control natural de plagas y enfermedades (Brenes, 2003).

Tabla 2

Desventajas (contras) de la producción agrícola convencional (tradicional) y orgánica

Convencional	Orgánica
<ul style="list-style-type: none"> • La falta de capacitación a los productores provoca que, al no saber usar el equipo correcto, queden expuestos a químicos dañinos al aplicar fertilizantes, (Charles Crissman, 2002) • Los fertilizantes inorgánicos pueden perjudicar la salud humana y vegetal, dejando alimentos con altos niveles de nitratos y nitritos tóxicos y cancerígenos. (Charles Crissman, 2002) • El uso de plaguicidas elimina tanto la plaga como sus predadores naturales, causando un desequilibrio ambiental, además, las plagas pueden volverse resistentes, requiriendo dosis mayores para su control (Charles Crissman, 2002) • La labranza intensiva causa pérdida del suelo debido a la erosión, lo que resulta en un drenaje deficiente del suelo y en un menor porcentaje de materia orgánica, haciendo al suelo más susceptible a la compactación. 	<ul style="list-style-type: none"> • La producción orgánica tiende a generar un rendimiento menor en los cultivos, debido a la ausencia de complementos destinados a aumentar la producción de las plantas (Jacto, 2024) • Adoptar prácticas orgánicas requiere planificación y manejo intensivo del suelo y cultivos, complicando las operaciones para los agricultores, especialmente para los menos experimentados (Jacto, 2024) • La compactación y erosión del suelo son problemas en sistemas orgánicos debido a los monocultivos, la rotación deficiente y la falta de conservación del suelo, lo que deteriora la tierra y afecta la capacidad de las plantas para obtener nutrientes (Soto, 2003) • Los agricultores pueden enfrentar desafíos cuando sus cultivos son dañados por plagas y enfermedades, especialmente si no pueden utilizar productos químicos para controlarlas rápidamente. Esto puede afectar la calidad y cantidad del cultivo.

Fuente: elaboración propia con base a la bibliografía consultada

II. Marco de Referencia

Características del proceso de producción de la lombricomposta

2.1 La lombricomposta

Es una técnica que utiliza un proceso de utilizar especies domesticadas de lombrices específicamente la lombriz roja californiana con el único fin de reciclar toda materia orgánica para producir humus, dando lugar a que, la actividad de las lombrices acelera la descomposición de los sustratos, proporcionando macronutrientes y micronutrientes que favorecen el crecimiento de las plantas (Briceño Alemán & Pérez Reyes, 2017).

2.2 Importancia de la lombricomposta: Un elemento crucial

Las lombrices han sido importantes en la conservación de los suelos desde tiempos remotos, en tiempos de Charles Darwin realizó una serie de experimentos para estudiar el papel de las lombrices en el suelo y su impacto en el ecosistema, los resultados obtenidos le permitieron publicar, en 1881, su libro titulado "The Formation of Vegetable Mould, through the Action of Worms, with Observations on Their Habits" (Darwin, 1881) donde las lombrices destacan por la descomposición de la materia orgánica, fertilizan el suelo y transforman el suelo por mucho tiempo, en ese aspecto, Darwin argumenta que, gracias a la acción lenta constante de estos organismos, el ecosistema genera un impacto positivo en la agricultura, confiriendo una importancia significativa a los suelos y su conservación, su investigación sentó las bases para la lombricultura moderna y subrayó su relevancia.

En los Estados Unidos, la lombricomposta ha despertado interés significativo (Díaz, 2017), sin embargo, en Italia, se ha observado un incremento más marcado de interés, estableciéndose bases sólidas para la lombricultura en toda Europa (Buscalia & Rodríguez, s.f.) y no fue hasta la década de 1980 que en México y Chile iniciaron una etapa de desarrollo e investigación sobre este método agrícola (López Jiménez, 2005) (Cuevas Valdés, 2019).

La lombricomposta es una práctica agrícola que consiste en la cría de lombrices en un ambiente controlado, con el objetivo de producir humus y lixiviados, estos derivados se les conoce como abonos orgánicos, los cuales, son ricos en nutrientes lo que contribuye significativamente en la modificación y restauración positiva de toda actividad biológica del suelo, beneficiando de esta forma diversos cultivos. Por eso, esta técnica es una alternativa eficaz para el reciclaje de residuos orgánicos y de origen animal, como el excremento.

(Yonatan Solano González, 2024). De acuerdo con lo anterior, los excrementos de las lombrices presentan un alto contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en comparación con la urea, esto es debido al proceso de descomposición de la materia orgánica y a la actividad microbiana existente en los suelos, de esta manera, esta simbiosis permite que las bacterias generen sustancias solubles que las plantas pueden absorber fácilmente (Rivas Cabrera, 2020).

2.3 Fases y etapas de la lombricomposta

De acuerdo con el manual para la producción de lombricomposta y capacitación de productores del municipio de Zacatlán, Puebla, se especifica que la lombricomposta consta de varias fases²:

1. La primera es el compostaje, que es una mezcla de materia orgánica en descomposición y se utiliza para mejorar la estructura del suelo antes de introducir las lombrices.
2. Posteriormente, la lombricompostaje, involucra la descomposición de la materia orgánica mediante la acción de lombrices de tierra, bacterias y otros microorganismos.
3. Finalmente, con el trabajo de las lombrices, se obtiene el humus y lixiviado de lombriz.

De igual manera, la lombricomposta comprende diversas etapas: La primera es el compostaje, que mezcla materia orgánica en descomposición para mejorar el suelo antes de agregar lombrices, luego sigue el lombricompostaje, donde las lombrices, bacterias y otros microorganismos descomponen la materia orgánica y, por último, el resultado es humus y lixiviado de lombriz. Con base a lo anterior los beneficios de la lombricomposta y sus derivados son los siguientes: reduce la erosión del suelo, mejora la estructura y componentes del suelo debido al contenido de ácidos húmicos y fúlvicos, aumenta el contenido de nutrientes en el suelo, como nitrógeno, potasio y fósforo, además, incrementa la capacidad

² (Ortega, Elaboración de un manual para la producción de lombricomposta y capacitación a productores del municipio de Zacatlán, Puebla. , 2022)

de retención de agua, ya que reduce la escorrentía y previene la erosión e inhibe el crecimiento de hongos y bacterias dañinas para las plantas.

2.3 Organismos involucrados en el proceso: Eisenia fetida (lombriz roja californiana)

La lombriz roja californiana, científicamente conocida como **Eisenia foetida**, es una especie de lombriz de tierra ampliamente utilizada en el vermicompostaje y la agricultura ecológica debido a su capacidad para transformar materia orgánica en abono. A pesar de su denominación común "californiana", esta especie es nativa de Europa.

2.4 Clasificación zoológica y taxonómica de la lombriz roja californiana

- Taxonomía:
- Reino: Animalia
- Subclase: Oligochaeta
- Orden: Opisthopora
- Familia: Lumbricidae
- Filo: Annelida
- Género: Eisenia
- Especie: Eisenia fetida

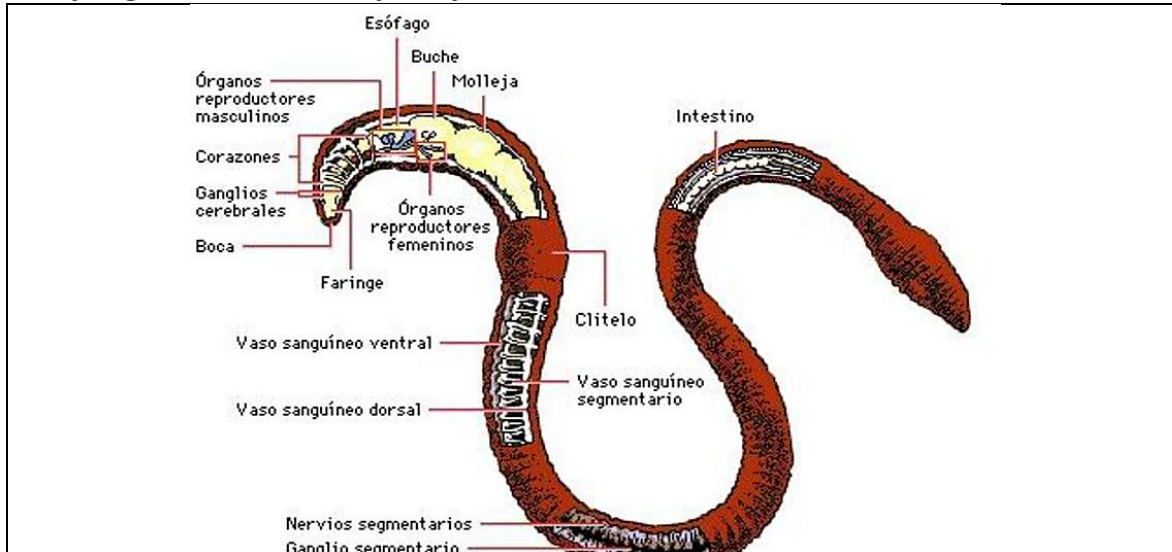
2.4.1 Anatomía y fisiología de la lombriz

El cuerpo de la lombriz es cilíndrico y tiene entre 80 y 120 segmentos llamados metámeros, cada uno funcionando como una unidad especializada, su piel: La piel tiene un tono marrón o rojizo con anillos más claros o, en ocasiones, amarillentos, por lo que, el tamaño puede medir entre 6 a 12 cm de largo y tener entre 3 a 5 mm de diámetro, mientras que los surcos segmentarios son de forma de anillos que se encuentran entre los segmentos del cuerpo de la

lombriz, por eso, se identifican por el epitelio, un tejido que cubre la superficie interna y externa de la lombriz³ (véase figura 1).

Figura 1

Morfología de la Lombriz roja californiana



Fuente: Elaboración con base a la página (Yavendras.com, s.f.)

En tanto que, el Paristomio, es el primer segmento que cubre la boca; su superficie es lisa y tiene surcos longitudinales, sus poros dorsales: se encuentran a lo largo del dorso comenzando por el quinto y sexto segmento y continuando a lo largo del cuerpo, estos poros ayudan a mantener la piel húmeda mediante la fabricación de un fluido mucoso, facilitando así la respiración cutánea, en relación a ello, los Nefridioporos se encuentran en la parte intermedia de cada segmento, excepto en los primeros tres y su función es expulsar los desechos del metabolismo y regula los líquidos dentro del cuerpo de la lombriz, en tanto que, los poros femeninos se encuentran en el segmento 14 y su función es liberar óvulos para la fecundación externa, que después se almacenan en un cocón, a diferencia de, los poros masculinos, los cuales, son pequeños orificios ubicados en el segmento 15, después de los poros femeninos, los cuales ayudan a la liberación y transporte del esperma, mientras que, el Clitelo es una estructura glandular que se encuentra en algunos segmentos y segrega una sustancia que ayuda a formar el cocón o huevo (Rivas Cabrera, 2020)

³ (Bermúdez, Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas, 1994)

2.4.2 Sistema de la lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*)

Dentro de la estructura interna de la lombriz roja americana se encuentra de la siguiente forma:

- a) Boca: Se encuentra en el primer segmento de lombrices y es una abertura por donde succionan los alimentos en descomposición y ayuda a que explore el sustrato donde se encuentra
- b) Ganglios cerebrales: Se ubican cerca de la faringe y son una agrupación de células nerviosas que le dan control.
- c) Faringe: Se encuentra después de la boca en los primeros segmentos del cuerpo, y es parte del sistema digestivo de la lombriz, la faringe actúa como un succionador de la materia orgánica.
- d) Corazones: La lombriz contiene 5 pares de corazones, se ubican entre el segmento 7 y 11 alrededor de esófago y estos actúan como bombas para circular la sangre por todo su cuerpo.
- e) Órganos reproductores masculinos: se encuentran entre el segmento 9 y 11 y se encargan de producir y transferir espermatozoides en la reproducción.
- f) Órganos reproductores femeninos: Se encuentran entre el segmento 13 y 14 después de aparato reproductor masculino, se encarga de producir óvulos para la fecundación.
- g) Esófago: Parte del sistema digestivo que conecta la faringe y el buche, dentro del esófago se encuentran las glándulas calcíferas que ayudan a regular el ácido del intestino⁴.
- h) Bucle: Estructura que almacena temporalmente el alimento ingerido antes de pasar a la molleja donde es procesado².
- i) Molleja: Su función es triturar el alimento en pedazos pequeños ya que la lombriz no posee dientes que ayuden a triturar el alimento ingerido. Se ubica (Conde, 2005)
- j) Vaso sanguíneo ventral: Parte del sistema circulatorio, se encarga de recibir por medio de los arcos aórticos y transportar la sangre a todo el cuerpo. (Conde, 2005)76dvc

⁴ (Santos Rangel A. , 2006)

- k) Vaso sanguíneo dorsal: Se encuentra sobre el tubo digestivo por todo el largo de la lombriz, su función es bombear la sangre que recibe del tracto digestivo y los vasos de las paredes del cuerpo, llevándola (Conde, 2005) hacia los arcos aórticos.
- l) Nervios segmentarios: Parte del sistema nervioso ventral de la lombriz, y ayudan a controlar los movimientos musculares de cada segmento del cuerpo de la lombriz.
- m) Ganglio segmentario: Forman parte del sistema nervioso ventral de la lombriz y se ubican en cada segmento corporal de la lombriz excepto en los primeros y controlan los movimientos musculares permitiendo la contracción y relajación coordinada de cada segmento del cuerpo.
- n) Intestino: Parte final del sistema digestivo, su principal función es absorber los nutrientes del alimento triturado y así facilitar la formación del humus. Se ubica desde el segmento 15 hasta el final del cuerpo⁵. (Bermúdez, Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas, 1994)
- o) Ano: Es el último segmento del sistema digestivo, su función es expulsar los desechos en forma de humus. (profesional, 2018)

2.4.3 Fisiología

2.4.3.1 Sistema digestivo

El sistema digestivo de la lombriz es recto, y está formada por boca, faringe, buche, esófago, molleja e intestino. Cuando la lombriz ingiere alimento esta es absorbida por la boca el inicio de todo el sistema, después es succionada por la faringe en donde existen una abundante cantidad de células glandulares que segregan un mucus⁴ que contiene un enzima proteolítica que se encarga de descomponer las proteínas en proteínas más pequeñas y para humedecer el alimento, pasando así al esófago donde se segregan calcáreos(carbonato de calcio) gracias a las glándulas calcíferas que ayudan a regular y reducir las concentraciones de calcio y PH en la sangre, dando paso a que el alimento que está siendo procesado entre temporalmente al buche que servirá para hidratar y compactar además de ser una cámara de almacenamiento

⁵ (Bermúdez, Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas, 1994)

antes de pasar a la molleja para triturar el alimento gracias a la ayuda de partículas minerales ingerida por la lombriz.

Después de todo el proceso que se lleva a cabo para la descomposición de los alimentos ingeridos pasara al intestino que es en donde ocurre la descomposición química y la absorción de los nutrientes, en esta etapa entran en acción deferentes enzimas digestivas como la amilasa, pepsinas, celulasa y lipasa (Conde, 2005). Todos los materiales que no se pueden digerir son transportados hacia el ano en donde se forma la excreta que forma parte del humus de lombriz.

2.4.3.2 Sistema circulatorio

La lombriz roja californiana posee vasos sanguíneos por donde circula la sangre a través de todo su cuerpo, este proceso inicia por medio del vaso sanguíneo dorsal que se encuentra en la parte superior de todo el cuerpo, este recoge la sangre de los capilares y la trasporta a la parte delantera del cuerpo, cuando la sangre llega al segmento 7 y pasa por 5 pares de corazones que bombean la sangre⁶ y entra al vaso sanguíneo ventral que se ubica por debajo del tubo digestivo distribuyendo así la sangre hacia la parte de atrás del cuerpo de la lombriz. Los capilares son un tipo de ramificación lateral que se nutren de diferentes órganos y recogen tanto nutrientes, dióxido de carbono y desechos que serán eliminados (véase figura 2).

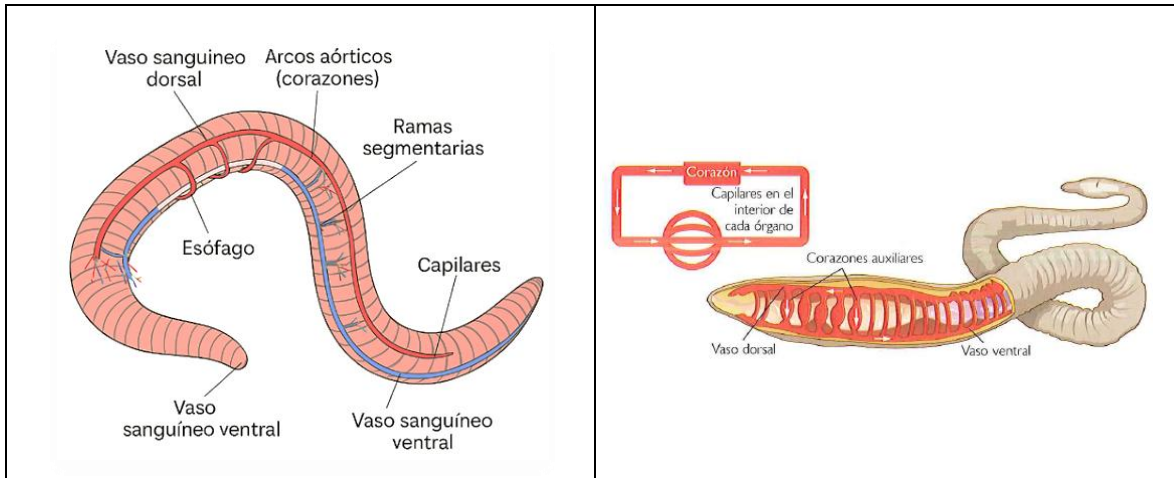
2.4.3.3 Sistema respiratorio

La lombriz carece de órganos respiratorios, por lo cual ha desarrollado un sistema respiratorio cutáneo, donde, el principal órgano de este sistema es la piel, que se encuentra recubierta por una fina capa de moco secretado por glándulas mucosas, por eso, este moco mantiene la piel hidratada y facilita el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono, mientras que, el oxígeno que entra a través de la piel es absorbido por los capilares, los cuales distribuyen el oxígeno a los tejidos y eliminan el CO² [dióxido de carbono] producido.⁵

⁶ (Santos Rangel A. D., 2006)

Figura 2

Sistema circulatorio de la lombriz



Fuente: Elaboración con base a la página (Yavendras.com, s.f.)

2.4.3.4 Sistema nervioso

El sistema nervioso de la lombriz está adaptado para la vida subterránea que tiene el organismo, a pesar de siempre es bastante funcional, esta segmentado y contiene un sistema central y nervios periféricos.

Los ganglios cerebrales se encuentran por encima del esófago siendo así el sistema central y ayuda a coordinar los movimientos, respuesta a estímulos y al comportamiento reproductivo, los nervios conectan con el primer par de ganglios del cordón nervioso ventral que es una estructura que recorre lo largo de la parte inferior del cuerpo, este funciona como una columna vertebral nerviosa y une los ganglios cerebrales con los ganglios segmentarios que actúan como centros de control regulando movimientos y funciones de cada segmento yendo desde el celoma hasta el último segmento.

Los nervios segmentarios se encargan de llevar señales sensoriales a los órganos, músculos y la piel de la lombriz. (Conde, 2005)

2.4.3.5 Sistema excretor

En el sistema excretor de la lombriz el líquido celómico y la sangre son los que transportan los desechos. Existe un par de nefridios (poros excretorios visibles en la superficie ventral de cada segmento) se encargan de filtrar los líquidos del cuerpo y se encuentran en los segmentos del cuerpo de la lombriz excepto en los primeros tres y el último, los residuos del metabolismo ingresan al sistema por medio del líquido celómico. Los nefridios funcionan como riñones el proceso inicia con la entrada del flujo celómico por el merostoma, después el líquido fluye por túbulos donde se filtran y reabsorben las sustancias que sirven en el organismo permitiendo la separación de los residuos. Los desechos son expulsados por el nefridioporo que se ubica cada segmento permitiendo la expulsión por medio de la pared corporal. (Uribe Juaréz, 2010) (Luis Díaz, 2014) (Bermúdez, Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas, 1994)

2.5 Forma de reproducción

La lombriz, aunque hermafrodita, necesita acoplarse con otra de su especie para reproducirse (Rivas Cabrera, 2020), Ambas lombrices se colocan paralelamente en sentido contrario para intercambiar espermatozoides a través del clitelo. Cada lombriz produce dos cocones amarillos con entre 2 y 20 embriones; nacen de 2 a 5 lombrices por cocón. Los cocones cambian de color antes de eclosionar en 15 a 30 días. Las lombrices recién nacidas miden aproximadamente 1 mm (Somarriba Reyes & Guzmán Guillén, 2004).

La humedad es un factor crucial en la reproducción y fecundidad de las lombrices, el exceso por encima del 85% o una insuficiencia por debajo del 70% puede afectar negativamente su reproducción. Por tanto, el rango óptimo para una reproducción de las lombrices de forma eficiente debe oscilar entre el 80% y el 82.5% de humedad (Rivas Cabrera, 2020).

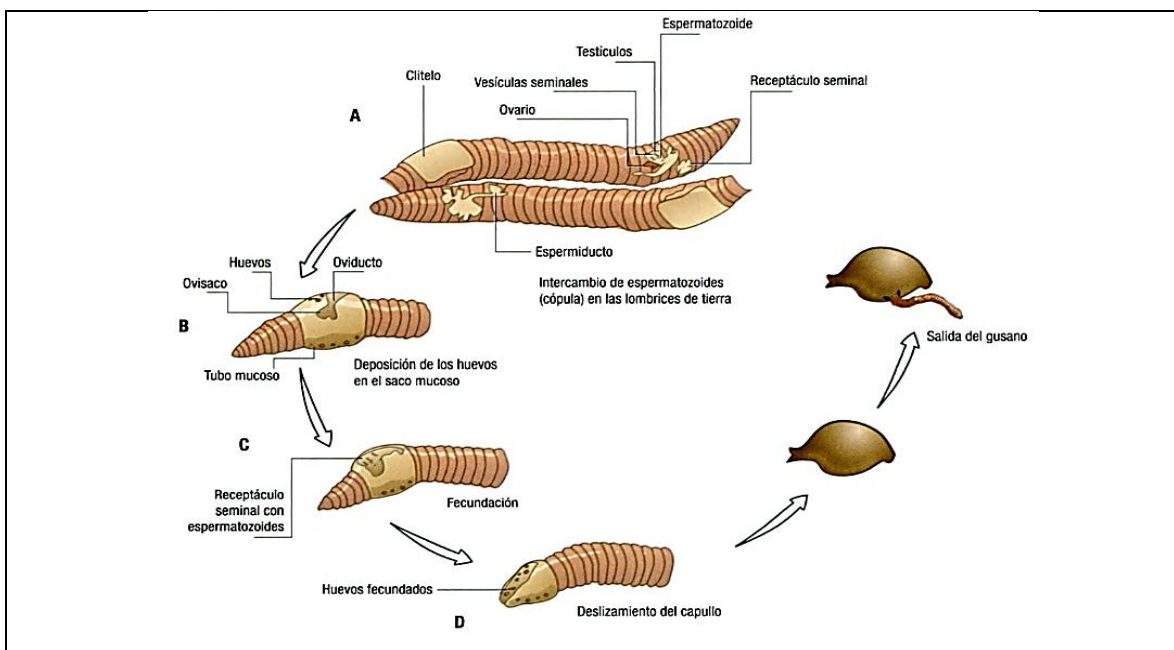
La temperatura es esencial para producir humus, fertilizar los cocones y reproducir lombrices. Temperaturas de 15°C a más de 35°C pueden interrumpir la reproducción y causar la muerte prematura de las crías (Bermúdez, Crianza y manejo de lombrices de tierra con

finés agrícolas, 1994). La temperatura óptima para el rendimiento máximo de las lombrices es de 20°C a 25°C (Rivas Cabrera, 2020) y el pH está relacionado con la humedad y la temperatura. La lombriz puede vivir en un ambiente con un pH de 5 a 8.4 (Santos Rangel A. D., 2006).

Por lo tanto, una adecuada aireación es fundamental para el desarrollo óptimo de las lombrices. En este contexto, si la aireación no es apropiada, la disponibilidad de alimento no será eficientemente aprovechada por las lombrices y la compactación del sustrato reducirá su tasa de reproducción (Marnetti, 2012).

Figura 3

Copula y formación del capullo de huevos de la lombriz roja californiana



Fuente: Elaboración propia con base a la imagen tomada de (Conde, 2005)

III. Diseño metodológico

3.1 Encuadre metodológico

La presente investigación se clasifica como de tipo experimental descriptivo de corte longitudinal el cual describe los cambios y análisis de la crianza y reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a lo largo de seis semanas, realizando mediciones, las cuales permitirán examinar la relación entre la disminución en el uso de fertilizantes químicos y los beneficios derivados de la aplicación de lombricomposta para la obtención de humus de lombriz. Se analiza la influencia y eficacia de una variable sobre otra mediante la comparación sistemática entre ambas. Asimismo, el estudio tiene un carácter experimental, dado que busca explicar el comportamiento de las variables a través de la creación de condiciones controladas para su observación y medición. En particular, se evaluarán los cambios generados en la lombricomposta, permitiendo no solo obtener humus de lombriz, sino también observar el crecimiento de las lombrices involucradas en el proceso.

La dimensión evaluada es de carácter longitudinal, lo que facilita el análisis del efecto temporal (seis semanas) sobre las características de la lombricomposta enriquecida con humus de lombriz, ya que, este insumo natural altera las propiedades fisicoquímicas del suelo, su estructura y aireación, así como los niveles de nutrientes, permitiendo valorar su impacto en la eficiencia de la producción agrícola en comparación con los fertilizantes químicos.

3.2 Ámbito de estudio

El proyecto se llevó a cabo en la Universidad Vasco de Quiroga, plantel Tres Marías, ubicada en Boulevard Bosques de Ciruelos Oriente #300, Col. Bosques Tres Marías, Morelia, Michoacán, las coordenadas geográficas del lugar son: latitud 19.7123897° N ($19^{\circ}42'45''$ N) y longitud -101.22292° O ($101^{\circ}13'23''$ O).

3.3 Tipo de estudio

Este estudio utiliza un método inductivo para recopilar datos, así como un enfoque descriptivo basado en experimentos y visitas al campus de la Universidad Vasco de Quiroga. La información obtenida responderá a la pregunta de investigación (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006).

3.4 Condiciones de elaboración: Materiales utilizados en lombricomposta

Para este experimento universitario se utilizaron los siguientes materiales

- Tambo o cubeta de 20 litros con tapa
- Tierra extraída del invernadero.
- Hojas secas extraídas de los árboles de la UVAQ
- Cartón reciclado
- Residuos orgánicos (desechos de verduras y frutas)
- Lombrices rojas californianas 1 kg⁷
- Recipiente para lixiviados
- Guantes de látex
- Tijeras

Métodos (véase figuras 4 al 9)

- a) En la figura 4, durante la etapa inicial el 2 de octubre del 2024, se perforaron pequeños orificios en la tapa y en la base de la cubeta para facilitar la oxigenación y permitir la recolección de los lixiviados generados por las lombrices durante el proceso de compostaje.
- b) Posteriormente, de acuerdo con la figura 5, se realizaron dos cortes circulares de tela del tamaño de la cubeta: uno de ellos se coloca en la parte inferior y sobre esta capa de tela se posiciona un círculo de cartón, lo que previene el escape de las lombrices.

⁷ 1 kg puede incluir una mezcla de adultos, juveniles y huevos, junto con algo de sustrato, teniendo entre 500 a 600 lombrices incluyendo adultos reproductores, juveniles y huevos.

- c) En la figura 6, se incorporó la primera capa de tierra preparada, seguida de una capa de hojas secas y una ligera cantidad de agua. A continuación, se integró el material orgánico (restos alimenticios), se introdujeron las lombrices y finalmente se cubrió todo con más tierra.
- d) Acto seguido, se añadió agua adicional para humedecer la tierra y favorecer el desarrollo de las lombrices, considerando su preferencia por ambientes húmedos (véase figura 7).
- e) De manera complementaria, como se muestra en la figura 8, se aplicó una cantidad extra de agua para mantener el nivel de humedad óptimo para el desarrollo de las lombrices.
- f) Posteriormente, el sistema se cubrió con otro trozo de tela, se selló el contenedor con una tapa provista de pequeños orificios, permitiendo la adecuada respiración de las lombrices y un flujo de oxígeno eficiente, conforme a lo presentado en la figura 9.
- g) Finalmente, el recipiente fue dispuesto sobre otro contenedor con el objetivo de permitir el almacenamiento progresivo de los lixiviados.

Figura 4

Etapa inicial del proceso de lombricompostaje utilizando la lombriz roja californiana



Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

Figura 5

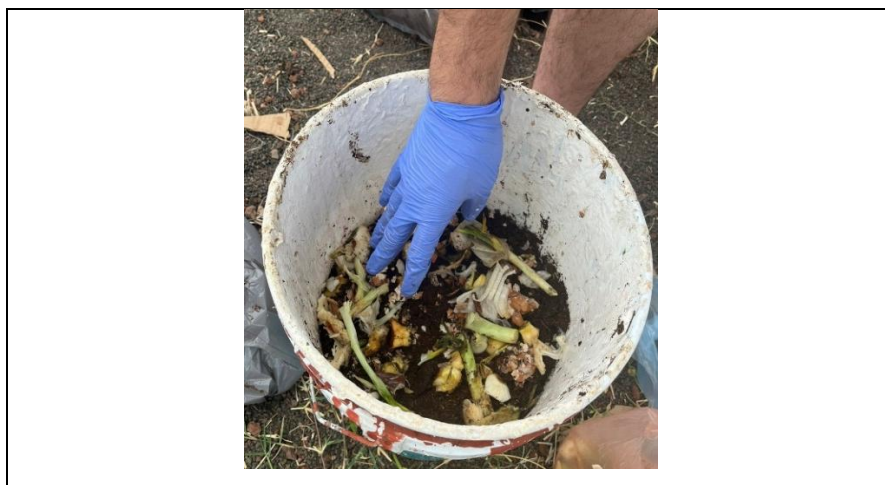
Segunda fase del método de lombricomposta (lombriz roja californiana)



Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

Figura 6

Tercera fase del método de lombricomposta (lombriz roja californiana)



Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

Figura 7

Cuarta fase del método de la lombricomposta (lombriz roja californiana)



Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

Figura 8

Quinta fase del método de lombricompostaje (lombriz roja californiana)



Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

Figura 9

Sexta etapa del método de lombricompostaje utilizando Eisenia foetida (lombriz roja californiana)



Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

IV. Resultados del proceso de elaboración de la lombricomposta universitaria

Semana 1 (2 al 8 de octubre 2024): Durante la primera semana, en la figura 10 se observó un pequeño aumento en el número de lombrices y la comida comenzó a descomponerse, adquiriendo un color café oscuro que indicaba una señal positiva de descomposición. También se notó que la tierra se había secado ligeramente, debido al clima dentro del invernadero.

Semana 2 (9 al 15 de octubre 2024): En la segunda semana, se observó la presencia de hongos (véase figura 11). Se plantea la hipótesis de que surgieron debido al exceso de humedad y a la descomposición de algún alimento contaminado que se había añadido previamente, posteriormente, se retiró toda la materia orgánica para separar las lombrices y limpiar correctamente el bote, evitando así futuras recurrencias, además, se notó un cambio en la coloración de la tierra hacia un tono más oscuro y la reproducción de lombrices.

Figura 10

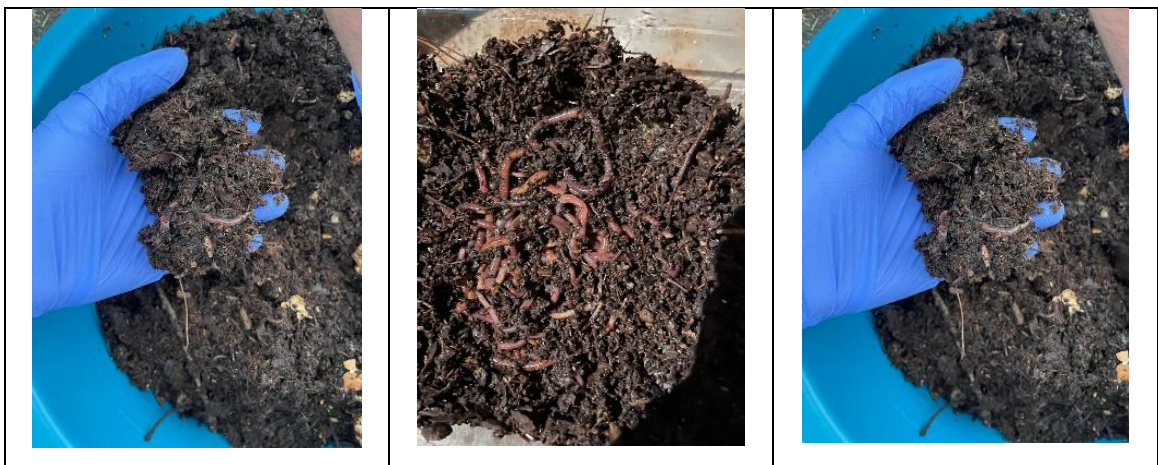
Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 1)



Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

Figura 11

Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 2)



Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

Semana 3 (16 al 22 de octubre 2024): Se observó en la figura 12, un buen contenido de humedad dentro del contenedor. La población de lombrices aumentó y el color de los residuos comenzó a volverse café oscuro. Se añadió más agua para mantener la humedad y también alimento.

Figura 12

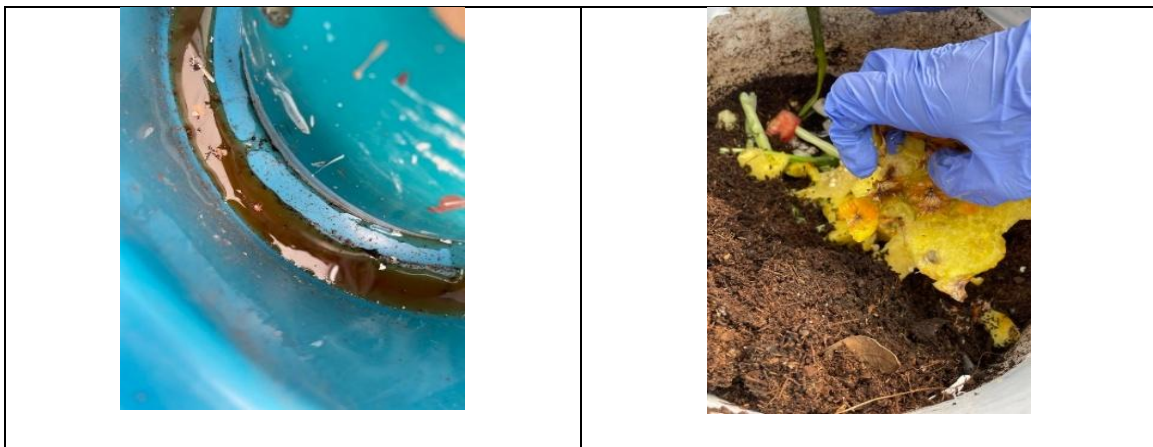
Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 3)



Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

Figura 13

Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 4)



Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

Semana 4 (23 al 29 de octubre 2024): Se observó una diferencia notable en la descomposición de los alimentos en comparación con la semana dos, debido a una mayor atención en la selección de los alimentos puestos en el ambiente para las lombrices. La población de lombrices aumentó y también se notó la presencia de lixiviado (véase figuras 13 y 14).

Figura 14

Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 5)



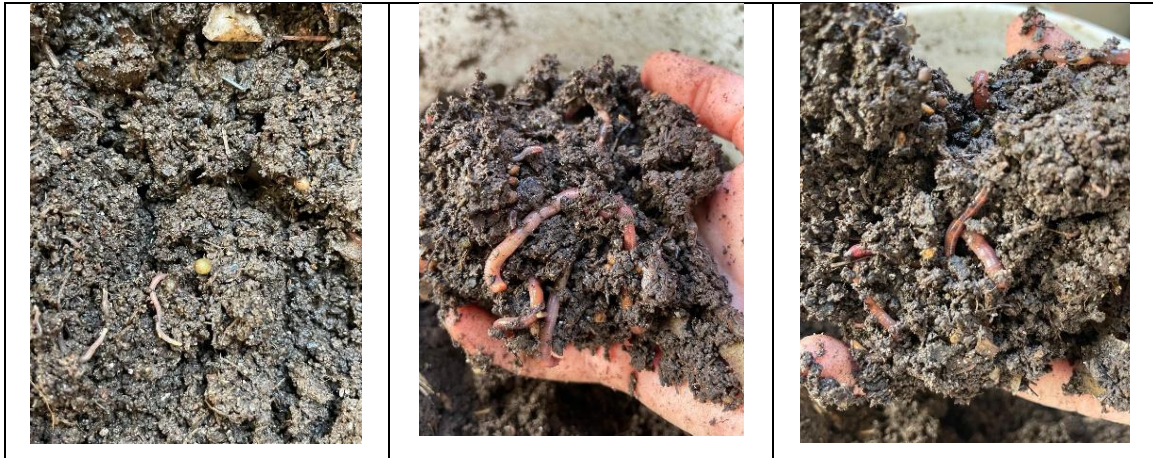
Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

Semana 5 (30 de octubre al 5 de noviembre 2024): La tierra se ha ido tornando progresivamente de un color café más oscuro, indicando un incremento en la humedad del suelo, esta condición ha favorecido la proliferación de lombrices, con una notable presencia de adultos y crías, lo cual es un indicador positivo para su reproducción, además, se ha observado un aumento en la producción de lixiviado, manteniendo un pH de 7, alcanzando una producción semanal de 3 litros.

Semana 6 (6 al 12 de noviembre 2024): Los desperdicios de alimentos agregados a las lombrices, se observó que algunas semillas de jitomate comenzaron a germinar. La tierra está compuesta por una gran cantidad de nutrientes que facilitan la correcta germinación y nutrición para diversas plantas, y las lombrices también experimentaron crecimiento.

Figura 15

Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 6)



Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

Figura 16

Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (semana 6)



Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

4.7 Final del experimento

La población de lombrices sigue creciendo y cada vez más semillas de vegetales continúan germinando.

Figura 17

Resultados del lombricompostaje con Eisenia foetida (etapa final)

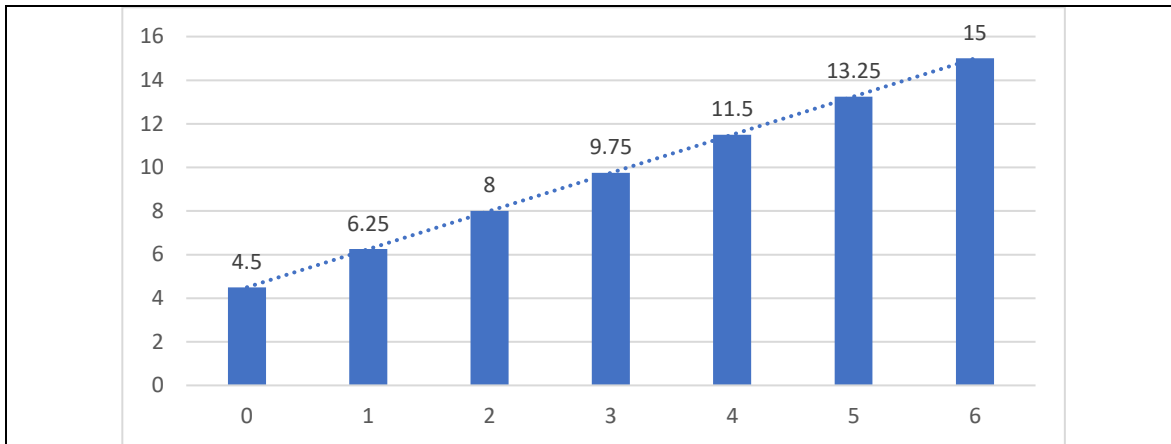


Fuente: Elaboración propia con base a las imágenes obtenidas en la UVAQ (2024)

El peso inicial de 4.5 kg aumentó aproximadamente 1.75 kg por semana, alcanzando un máximo de 15 kg al finalizar las seis semanas del experimento. Este incremento está relacionado con una densidad poblacional inicial de 500 lombrices, que aumentó en aproximadamente 50 lombrices cada semana, llegando a un total de 800 (véase figura 18).

Figura 18

Resultados sobre el peso de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida)



Fuente: elaboración propia con base a los datos del experimento. Nota: aumento semanal de peso de 1.75 kg, PH de 7 y 50 lombrices por semana.

Los resultados del experimento evidencian que el crecimiento estuvo vinculado al aumento de residuos orgánicos en la dieta, lo que refleja una relación directa entre el peso, la densidad poblacional y la cantidad de alimento suministrado. En este sentido, los datos obtenidos sobre el peso de la muestra presentan una desviación estándar baja de 3.78; considerando un promedio de 9.75, dicha desviación indica que el resultado es más estable y predecible, ya que exhibe una dispersión mínima respecto a la media.

V. Conclusiones

El método de investigación empleado fue de carácter científico con trabajo de campo, ya que se formularon preguntas sobre la lombricomposta, se analizó el crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana y se obtuvieron datos. Durante las seis semanas del experimento se alcanzó un peso final de 15 kilos de lombricomposta y un aumento población inicial estimada de 500 individuos 800 al final del proceso. Los datos concuerdan con lo señalado por Días (2017) y Rivas Cabrera (2020), quienes reportan que bajo condiciones controladas *Eisenia foetida* puede duplicar su población en periodos de 4 a 6 semanas, siempre que se mantengan adecuados los niveles de temperatura y humedad.

Las condiciones del experimento alcanzadas de 20 a 25 °C, humedad entre 70-80 % y pH cercano a 7, coincidieron con lo descrito en la literatura como rangos óptimos para la reproducción y producción de humus (Bermúdez, 1994; Rivas Cabrera, 2020). Asimismo, la

obtención de lixiviados (3 litros semanales en promedio) confirma la capacidad del sistema para generar subproductos líquidos con alto contenido de nutrientes, lo que se alinea con lo señalado por Briceño & Pérez (2017) respecto a la riqueza microbiana de estos derivados.

En relación con la calidad del humus, el producto obtenido presentó características visuales y físicas (color café oscuro, textura fina y germinación espontánea de semillas de jitomate) asociadas a un sustrato fértil, lo cual coincide con lo documentado por Yonatan Solano González (2024), quien señala que el humus de lombriz mejora significativamente la aireación y disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Por lo tanto, se concluye que la lombricultura es una estrategia eficaz para la gestión de residuos orgánicos y la producción de fertilizantes naturales. Los resultados respaldan la hipótesis planteada al demostrar un incremento en biomasa y densidad poblacional, además de la generación de humus y lixiviados de alta calidad, confirmando que la lombricomposta mejora el suelo y produce abonos orgánicos sustentables para la agricultura.

Recomendaciones

- Utilizar residuos orgánicos de la región y transformarlos mediante lombricomposta para emplearlos como sustratos alternativos en la producción de viveros forestales y agrícolas, así como en huertos urbanos. En el ámbito universitario se puede implementar como una estrategia de gestión sustentable de los residuos generados en dicha universidad.
- Es de gran importancia realizar más experimentos para probar diferentes proporciones de sustratos derivados del proceso de lombricomposta. En los viveros esta podría permitir identificar las mejores mezclas para la aplicación sobre diferentes especies de interés agrícola y forestal.
- Considerar en experimentos de campo y en viveros las siguientes variables para evaluar el efecto del sustrato en la producción de plantas: tamaño del envase, sanidad y peso de masa fresca y seca. Estas evaluaciones aportarían mayor información práctica para el mejoramiento de los sistemas de producción en los viveros locales y los huertos urbanos de la región.

- Incrementar las investigaciones científicas sobre diversas variedades de plantas y vegetales que presentan una elevada demanda alimentaria como el aguacate, berries, limón, guayaba entre otros, para la alimentación de la población. Esto no solo fortalecería la seguridad alimentaria sino también la competitividad agrícola del estado.
- Informar y divulgar mediante material informativo, las características del humus de lombriz roja californiana en la producción agrícola para que los productores conozcan sus propiedades y beneficios para el aprovechamiento adecuado de los desechos orgánicos. Dentro del ámbito universitario esta acción puede reforzar la transferencia de conocimientos a la sociedad.
- Promover la agricultura orgánica y desarrollar campañas informativas sobre los beneficios del uso del humus de lombriz roja californiana. En huertos urbanos de ciudades productoras como Uruapan, Zamora, etc., su implementación puede contribuir a una producción más saludable y sostenible.
- En el proceso de lombricomposta, se involucra excrementos animales y residuos orgánicos, por esta razón, el personal que realice los experimentos debe mantener una higiene estricta, es decir, que cuando manipulen directamente los desechos orgánicos como las lombrices deben vestir ropa específica para usarla exclusivamente durante esta actividad, además, se requiere el uso de guantes de goma para toda manipulación, lo cual también es importante en proyectos universitarios como en viveros.

La implementación de estas recomendaciones en la región representa un doble beneficio. primero, impulsa técnicas agrícolas ecológicas, útiles para productores, huertos urbanos, viveros y proyectos colectivos. En segundo, estrecha los lazos de investigación universitaria y de comunidad. Dando como resultado una mejora del manejo de los residuos orgánicos y una mejora a la seguridad alimentaria y se consoliden estrategias de producción que responderán a las demandas locales y regionales.

Bibliografía

- Acuarista, E. (2010). Recopilado por Briceño Abigahil, Perez Alodya. Obtenido de http://elacuaria.com/archivos/cultivo_lombrices_californianas.pdf
- Altieri, M. A. (2001). *AGROECOLOGIA: bases científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo: Editorial Nordan–Comunidad.
- Bermúdez, A. L. (1994). *Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas*. Ayacucho, Perú: Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza.
- Bermúdez, A. L. (1994). *Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas*. PERÚ: CATIE.
- Blogspot.com. (4 de 09 de 2013). *Ciclo de Vida de la Lombriz Roja Californiana*. Obtenido de Blogspot.com: <https://lombriz-californiana.blogspot.com/2013/09/ciclo-de-vida-de-la-lombriz-roja.html>
- Brenes, L. (2003). TRANSICIÓN Y PRODUCCIÓN ORGÁNICA: Producción orgánica algunas limitaciones agronómicas. En F. I. (FIDA), *Memoria del Taller de Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza* (págs. 51-53). Turrialba, Costa Rica: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Briceño Alemán, A. A., & Pérez Reyes, A. C. (28 de marzo de 2017). *COncnecting REpositories*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/84460624.pdf>
- Buscalia, M., & Rodríguez, M. (s.f.). *Estudio y proyecto de Compostaje*. Obtenido de core.ac.uk: <https://core.ac.uk/reader/15758360>
- Caldas, R. (2013). Entre la agricultura convencional y la agroecología. El caso de las practicas de manejo en los sistemas de producción campesina en el municipio de Silvania. En R. F. Caldas Mejia, *Entre la agricultura convencional y la agroecología. El caso de las practicas de manejo en los sistemas de producción campesina en el municipio de Silvania*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Cevallos Suarez, M., Urdaneta Ortega, F., & Jaimes, E. (2019). Desarrollo de sistemas de producción agroecológica: Dimensiones e indicadores para su estudio. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, 172-185.
- Charles Crissman, D. Y. (2002). *LOS PLAGUICIDAS: Impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador*. Ecuador : Abya-Yala .
- Cherlinka, V. (15 de 07 de 2021). *EOS DATA ANALYTICS*. Obtenido de EOS DATA ANALYTICS: https://eos.com/es/blog/agricultura-organica/?utm_source=chatgpt.com

- Cherlinka, V. (29 de 07 de 2024). *EOS DATA ANALYTICS*. Obtenido de EOS DATA ANALYTICS:
<https://eos.com/es/blog/agricultura-organica/>
- Conde, M. R. (2005). *MANUAL CRIA DE LA LOMBRIZ DE TIERRA: una alternativa ecológica y rentable*. Bogotá Colombia : Fundación Hogares Juveniles Campesinos.
- Cuevas Valdés, P. (2019). La reestructuración del agro en función de una nueva división internacional agrícola del trabajo en Chile y México (1970s – 2000s): historia reciente de la marcha diferenciada del agro en contextos neoliberales latinoamericanos. *SCIELO*, 1933-1972.
- Darwin, C. (1881). *The formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits* . LONDRES: John Murray.
- Díaz, A. M. (Junio de 2017). *Monitoreo de la Dinámica Poblacional de la Lombriz de Tierra Roja Californiana (Eisenia foetida L) en Cuatro Sustratos Orgánicos*. Obtenido de Repositorio UAAAN:
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42174/K%2064730%20%20ANA%20MINERVA%20NU%C3%91EZ%20DIAZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gliessman, S. R. (1998). *AGROECOLOGIA: Procesos ecologicos en agricultura sostenible* . Costa Rica: Turrialba .
- Gutiérrez-Martínez, A., Aguilar Jiménez, C., Galdámez Galdámez, J., & Martínez Aguilar, F. (2019). Manejo de la roya (*Hemileia Vastatrix* Berk & Broome) del cafeto con el Biocafécashi, Montecristo de Guerrero, Chiapas. *Agricultura Sostenible: Como base para los agronegocios*, 160-170.
- Howard, S. A. (1943). *An Agricultural Testament* . England .
- Jacto. (11 de 07 de 2024). *JACTO*. Obtenido de JACTO: <https://bloglatam.jacto.com/ventajas-desventajas-agricultura-organica>
- López Jiménez, J. J. (2005). La reforma económica y la liberalización de la agricultura en México. *redalyc*, 59-78.
- Luis Díaz, s. (2014). *Modelo matemático para la descripción de la evolución de la población de la lombriz roja californiana (Eisenia Foetida) en condiciones de producción de compost*. Gandia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Marnetti, J. (2012). *Implementación de la producción de lombricultura*. MENDOZA: UNCUYO Universidad Nacional de Cuyo.

- Martínez, H., & Clemente, M. (2011). O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa. *Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas*, 296.
- Mereilles, L. (2003). La agroecología implementada en la cadena agroalimentaria. En F. I. (FIDA), *Memoria del Taller de Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y reducción de la pobreza* (págs. 26-32). Turrialba, Costa Rica: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO).
- Ortega, I. A. (2022). *Elaboración de un manual para la producción de lombricomposta y capacitación a productores del municipio de Zacatlán, Puebla*. . Zacatlán, Puebla : UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA .
- Ortega, I. A. (2022). *INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL: Elaboracion de un manual para la produccion de lombricomposta y capacitacion a productores del municipio de Zacatlán, Puebla*. Zacatlán Puebla: Fundación Amparo I.A.P.
- profesional, E. d. (06 de 2018). *partesdel.com*. Obtenido de partesdel.com:
<https://www.partesdel.com/lombriz.html>
- Rivas Cabrera, A. (2020). *Elaboración de lombricomposta con residuos orgánicos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelis utilizando lombriz roja californiana*. Cuernavaca, Morelos: Universidad Autónoma del estado de Morelos.
- Rodriguez, R. H. (1995). *La agricultura organica, una alternativa tecnologica para la conservacion de los recursos naturales en mexico* . México D.F: UNAM .
- Rural, S. d. (22 de 04 de 2024). *Gobierno de México* . Obtenido de Gobierno de México :
<https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/asociacion-de-cultivos>
- Santos Rangel, A. (2006). *Diagnostico del proceso actual del lombricultivo dentro del proyecto de tecnologías limpias en el jardín botánico José Celestino Mutis de Bogotá*. Bogotá: Universidad Libre Colombia Facultad de Ingeniería Ambiental.
- Santos Rangel, A. D. (2006). *Diagnostico del proceso actual del lombricultivo dentro del proyecto de tecnologías limpias en el jardín botánico José Celestino Mutis de Bogotá*. BOGOTÁ: Universidad Libre Facultad de Ingenieria Ambiental.
- Somarriba Reyes, R. J., & Guzmán Guillén, F. (2004). *Guia de Lombricultura*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Soto, G. (2003). *Agricultura Orgánica*. Costa Rica : Multiprint.
- Tapia, B. (2017). Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México. *Sexto Congreso Internacional de Investigación en Ciencia Básica y Agrónomicas*, 281-567.

- Uribe Juaréz, R. (2010). *Reciclaje de lodos residuales de la industria del papel mediante lombricultura utilizando la especie "lombriz roja californiana"*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Velazquez Valdivia, S. L., López Valdivia, S. V., & Delgadillo Sosa, M. J. (2020). *Efecto de la agricultura de conservación y convencional en la captura de carbono, en los municipios de Yalaguina y Estelí, en el año 2019*. Nicaragua: FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA, FAREM-ESTELÍ.
- Wang, X., Wang, S., Cai, Z., & Ding, J. (2010). The Research on Natural Vegetation's Response to Agriculture in Tarim River Basin in Recent 50 Years Using Multi-Source Remote Sensing Data. *International Federation for Information Processing* , 27-31.
- Yavendras.com. (s.f.). *Gusanos*. Obtenido de https://ejemplos.yavendras.com/gusanos.htm#google_vignette.
- Yonatan Solano González, J. C. (2024). Respuesta reproductiva en un corto plazo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) en diferentes sustratos locales . *UNIVERSITAS Agri*, 16-18.