

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



Caracterización nutrimental de extractos orgánicos elaborados a partir de
diferentes sustratos

Por:

JOSÉ ELÍAS HERNÁNDEZ CRUZ

TRABAJO DE OBSERVACIÓN

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Caracterización nutrimental de extractos orgánicos elaborados a partir de
diferentes sustratos

Por:

JOSÉ ELÍAS HERNÁNDEZ CRUZ

TRABAJO DE OBSERVACIÓN

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

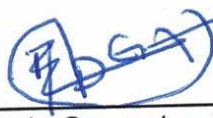
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada por:


PhD. Vicente De Paul Alvarez Reyna
Presidente


M.C. Ricardo Israel Ramirez Gottfried
Vocal


Dr. Federico Vega Sotelo
Vocal


M.C. Edgardo Cervantes Alvarez
Vocal Suplente


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

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.


Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO
COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DICIEMBRE 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Caracterización nutrimental de extractos orgánicos elaborados a partir de
diferentes sustratos

Por:


JOSÉ ELÍAS HERNÁNDEZ CRUZ

TRABAJO DE OBSERVACIÓN

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN


Aprobada por el Comité de Asesoría:




PhD. Vicente De Paul Alvarez Reyna
Asesor Principal



M.C. Ricardo Israel Ramirez Gottfried
Coasesor



Dr. Federico Vega Sotelo
Coasesor



M.C. Edgardo Cervantes Alvarez
Coasesor



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

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**
DICIEMBRE 2021

AGRADECIMIENTO

A DIOS Por brindarme la dicha de tener vida, las grandes bendiciones que me ha dado y la salud que él me brindo durante todo este tiempo de mi formación personal y profesional, ser mi principal guía en este camino, darme la fuerza para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida. Gracias Dios por darme la fuerza necesaria para salir adelante y haber logrado que este sueño se allá hecho realidad.

A MI “ALMA TERRA MATER”, agradezco sinceramente a la universidad autónoma agraria Antonio narro unidad laguna, por brindarme la oportunidad de formar parte de su comunidad universitaria y realizar mis estudios y forjarme en su seno mi vida profesional.

A MIS AMIGOS, Tomas Guadalupe, Guadalupe Alexander, Isabel Vicente, Mayra Yadira, Erick Darinel, Luis Gustavo, Maite y Eleazar. Por su amistad, sus consejos y apoyo para realizar este trabajo, en ellos encontré una familia en la escuela por lo cual estoy muy agradecido con ellos.

A mi comité de asesores: al **Ph.D. Vicente De Paul Alvarez Reyna**, por ser un maestro en toda la extensión de la palabra, el apoyo y paciencia brindada durante la realización de este trabajo.

Al **M.C. Ricardo Israel Ramírez Gottfried**, por la accesibilidad, su apoyo y aportación incondicional en la realización de este trabajo de observación y contar con su amistad.

Al **Dr. Federico Vega Sotelo**, gracias por su conducción apoyo y su valiosa aportación para mejorar el presente trabajo.

Al **M.C. Edgardo Cervantes Álvarez**, por su apoyo y aportación para terminar el presente trabajo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Carlos Hernández Gómez y Reina Cruz Cruz. Les dedico este trabajo, con todo mi amor y cariño, su sacrificio y es fuerza, creer en mi capacidad, siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica. Siempre han estado brindándome su comprensión, cariño y amor. Agradezco de una manera inconmensurable ya que con cada esfuerzo de ellos voy logrando un peldaño más de vida.

A MIS HERMANOS (AS): Luz Angelina, María Delina, Hugo Ismael y Yeni Elida por su apoyo moral y sentimental, ser parte de mi vida su apoyo incondicional a través de estos años en mi formación profesional, de igual manera a mi cuñado José Baldemar Gómez Aguilar por la ayuda y consejos que me ha brindado, de igual forma a mis sobrinos Froylan Daniel, Carlos Baldemar y José de Jesús por haber llegado a nuestras vidas y por brindarnos alegría y felicidad siempre contarán con mi apoyo incondicional. Estoy agradecido con dios por tenerlos a mi lado.

A MI ABUELO: Cleofás Hernández Gómez, lo admiro y respeto, gracias por el apoyo incondicional, motivación y sus buenos consejos que me brindo y exhortarme a seguir adelante.

A MIS PADRINOS: Vicente Gómez Cruz, María Hernández Gómez, Caralampio López Cruz, Juana Hernández Gómez Por sus sabios consejos la motivación y apoyo económico que me brindaron y creer en mí en poder culminar mis estudios profesionales.

A MIS AMIGOS: José Guadalupe Vásquez Gómez, su esposa Mercedalia López, Juanico Vásquez Aguilar, su esposa María Rosalinda Gómez, por los consejos que me brindaron, el apoyo emocional, sentimental ya que siempre confiaron en mí y me dieron el aliento para terminar mis estudios profesionales.

RESUMEN

Los extractos de vermicompost contienen una combinación de sustancias excretoras, secretoras de las lombrices, micronutrientes y moléculas del suelo tales como potasio, nitrógeno, manganeso y zinc. Además, contiene ácidos húmicos y fúlvicos que regulan numerosas vías metabólicas involucradas en el desarrollo de la planta que se consideran beneficiosos y pueden utilizarse como fertilizantes líquidos para fines agrícolas.

El presente trabajo de observación tuvo como propósito determinar la caracterización nutrimental de extractos orgánicos. Se realizaron análisis químicos de cinco extractos, en el Laboratorio Nacional de Agua, Suelo y Planta del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en la Ciudad de Gómez Palacio Durango. Los tratamientos fueron T1 (0.500 kg vermicompost + 0.500 kg fibra coco), T2 (1 kg composta de hoja), T3 (0.500 kg composta hojas + 0.500 kg vermicompost), T4 (0.33 kg fibra de coco + 0.33 kg composta de hojas + 0.33 vermicompost) y T5 (1 kg vermicompost).

Los resultados observados indican que hubo diferencia entre tratamientos. Se observó que el T5 (1 kg vermicompost) presentó una mejor concentración nutrimental sobresaliendo de los demás tratamientos. El extracto de vermicompost es una alternativa para poder utilizarlo como fertilizante en la producción agrícola.

Palabras clave: Extracto, Caracterización, Vermicompost, Micronutrientes, Biofertilizantes

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLA	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Agricultura orgánica	4
2.2. Principios de la agricultura orgánica	4
2.3. Producción orgánica en México	5
2.4. Ventajas y desventajas de la producción orgánica.....	6
2.2.1. Ventajas.....	6
2.2.2. Desventajas	6
2.5. Composta	6
2.5.1. Concepto y función de la composta	6
2.5.2. Características del compostaje	7
2.5.3. Proceso del compostaje.	7
2.5.3.1. Mesolítico.....	7
2.5.3.2. Termofílico	8
2.5.3.3. Enfriamiento	8
2.5.3.4. Maduración	8
2.5.4. Factores que intervienen en el proceso de compostaje.....	8
2.5.4.1. Temperatura	9
2.5.4.2. Humedad	9
2.5.4.3. pH	10

2.5.4.4. Aireación.....	11
2.6. Vermicomposta.....	11
2.6.1. Antecedentes.....	11
2.6.2. Concepto	12
2.6.3. Tipos de lombrices que se utilizan en la vermicomposta	13
2.6.3.1. Eisenia fétida (Lombriz Roja de California)	13
2.6.3.1.1. Clasificación taxonómica.....	13
2.6.3.2. Eudrilus eugeniae (Lombriz Roja Africana).....	14
2.6.3.3. Dendrobaena veneta.....	14
2.6.4. Factores a considerar lombricultura	14
2.6.5. Tipos de proceso de vermicomposta.....	15
2.6.6. Microorganismos implicados en la vermicomposta.....	16
2.6.6.2. Azotobacter chroococcum	16
2.6.6.3. Bacillus firmus	16
2.7. Nutrientes contenidos en composta y vermicomposta	16
2.8. Lixiviado de vermicomposta.....	18
2.8.3. Antecedentes.....	18
2.8.4. Tratamiento de los lixiviados	19
2.8.4.2. Tratamiento oxidación Fenton.....	19
2.8.4.3. Tratamiento con carbón activado	20
2.8.5. Forma de aplicación	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. Ubicación geográfica	22
3.2. Metodología.....	22
3.2.1. Vermicompost.....	22
3.2.2. Composta de hoja.....	23
3.2.3. Fibra de coco	23
3.2.4. Elaboración de extractos.....	24
3.3. Análisis de macro y micro elementos.....	24
3.4. Análisis de salinidad, sodicidad y otras determinaciones	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26

4.1.	Macroelementos	26
4.2.	Microelementos	29
4.3.	Salinidad, sodicidad y otras de terminaciones.....	31
V.	CONCLUSIÓN	33
VI.	LITERATURA CITADA.....	34

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Parámetros de humedad óptimos (Roman et al., 2013).	10
Tabla 2. Parámetros de pH óptimos (Roman et al., 2013).....	11
Tabla 3. Características químicas del composta de jardín y vermicomposta (Allen, 2016).	16
Tabla 4. Sustratos utilizados en el estudio.	24
Tabla 5. Macroelementos obtenidos en los tratamientos	26
Tabla 6. Microelementos obtenidos de los lixiviados.	29
Tabla 7. Salinidad, sodicidad y otras determinaciones en los extractos del compost.	31

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura orgánica o biológica ha ido adquiriendo importancia dentro del sistema agroalimentario, producir alimentos no dañinos y de calidad para el hombre, se caracteriza por el menor uso de productos químicos como plaguicidas o fertilizantes sintéticos, de esta forma se obtiene alimento mucho más saludable y nutritivo, además de contribuir con la sustentabilidad del medio ambiente (FAO, 2004).

El consumo de los alimentos orgánicos o ecológicos pasó muy rápidamente a ser una tendencia, la toma de conciencia sobre los efectos que los químicos y toxinas presentes en los alimentos han provocado en los seres humanos, una opinión pública favorable sobre los beneficios de una comida más sana y un mayor cuidado sobre nuestro planeta (CEDRSSA, 2015).

Una de las alternativas para incrementar la producción agrícola, es la aplicación de biofertilizantes son el motivo de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como también a disminuir la contaminación generada por los agroquímicos. La utilización de materiales orgánicos a partir de procesos tales como el compostaje o vermicompostaje, podría generar muchos beneficios en el sistema agrícola, incluyendo la disminución del uso de fertilizantes químicos y su sustitución por biofertilizantes, así como la reducción de la contaminación ambiental y un mayor balance ecológico en el sistema, es una alternativa para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos (Vásquez, 2019).

El vermicompost es una herramienta para el aprovechamiento de residuos orgánicos y animales, ya que estos pueden reciclarse en el suelo y en menor tiempo. El vermicompost se obtiene mediante un proceso denominado vermicompostaje, en el que la materia orgánica contenida en residuos es transformada mediante la acción combinada de lombrices, principalmente de la especie *Eisenia fetida*, y microorganismos en condiciones aeróbicas y mesófilas. Generalmente los abonos llamados “lombricomposta” o “vermicomposta”, que son capaces de sustituir en gran

medida a los fertilizantes químicos, por lo que se han convertido en una técnica que auxilia en la conservación y mejoramiento del recurso suelo (González *et al.*, 2015).

Los extractos acuosos obtenidos a partir de compost y vermicompost reciben el nombre de té. Tés que están teniendo gran aceptación, principalmente en la agricultura orgánica, por la mayor facilidad de aplicación que los productos sólidos a partir de los que se obtienen y sus buenas cualidades agronómicas. El té de vermicompost, como su nombre indica, se obtiene de vermicompost. Este último se ha descrito como un excelente enmendador de suelo y agente de biocontrol; asimismo, es considerado uno de los mejores fertilizantes orgánicos y más eco-amigable en comparación con los fertilizantes químicos el cual, puede emplearse como biofertilizante para aplicaciones foliares o al suelo (Joshi *et al.*, 2015).

1.1. Objetivo general

El objetivo principal de este trabajo de observación consistió en caracterizar los nutrientes contenidos en los diferentes extractos elaborados a partir de diferentes sustratos orgánicos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Agricultura orgánica

Es aquella donde no se usa insumos sintéticos y cuyos métodos de producción contribuyen al mantenimiento o mejoramiento de la fertilidad del suelo. Fundamentalmente se basa en los procesos ecológicos, biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales. debe lograr el equilibrio ecológico a través del diseño de sistemas agrarios, el establecimiento de hábitats y mantenimiento de la diversidad genética y agrícola (IFOAM, 2020).

Desde la perspectiva de Arias, (2015), la agricultura orgánica debe cumplir los principios siguientes para ser considerada como tal:

1. Producir alimentos de elevada calidad nutritiva en cantidad suficiente.
2. Interactuar constructivamente con los sistemas y los ciclos naturales, de manera que se potencie la vida.
3. Tener en cuenta el amplio impacto social y ecológico del sistema de producción y procesamiento.
4. Fomentar e intensificar los ciclos biológicos dentro del sistema agrario, lo que comprende flora y fauna, tanto a nivel macro como micro en el medio ambiente.
5. Mantener la diversidad genética del sistema productivo y entorno, incluyendo la protección de los hábitats de plantas y animales silvestres.
6. Mantener e incrementar la fertilidad de los suelos a largo plazo.
7. Minimizar todas las formas de contaminación.
8. Progresar hacia una cadena de producción, procesamiento y distribución que sea socialmente justa y ecológicamente responsable.

2.2. Principios de la agricultura orgánica

La agricultura orgánica está basada en cuatro principios fundamentales según Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Ecológica (IFOAM):

- Principio de Salud: la agricultura orgánica debe sostener y promover la salud de suelo, planta, animal, persona y planeta como una sola e indivisible.
- Principio de Ecología: debe estar basada en sistemas y ciclos ecológicos vivos, trabajar con ellos, emularlos y ayudar a sostenerlos.
- Principio de Equidad: debe estar basada en relaciones que aseguren equidad con respecto al ambiente común y a las oportunidades de vida.
- Principio de Precaución: debe ser gestionada de manera responsable y con precaución para proteger la salud, el bienestar de las generaciones presentes y futuras, además del medio ambiente.

Los principios deben ser observados como un todo integral. Expresan la contribución que la agricultura orgánica puede hacer al mundo, y son una visión para mejorar la agricultura en un contexto global (IFOAM, 2014).

2.3. Producción orgánica en México

Adquiere una dimensión particular; la geografía de su producción está estrechamente ligada a la geografía de la pobreza y biodiversidad. Su crecimiento se concentra en los estados de Chiapas y Oaxaca, que son las entidades más pobres del país, con los índices de Desarrollo Humano más bajos (Schwentesi *et al.*, 2014).

Los inicios en México se remontan a Tapachula, Chiapas. La Finca Irlanda obtuvo por primera vez en 1967 el primer certificado de producción de café orgánico. En 1984 otro de los cultivos pioneros fue el plátano en Jalisco y para finales de los 80 se inicia la cooperativa de productos orgánicos en los Cabos. México está ubicado en el contexto internacional como país productor-exportador de alimentos orgánicos y como primer productor de café orgánico (SIAP, 2017).

México se consolida como el séptimo productor de agroalimentos orgánicos a nivel mundial y cuarto en América, además de ocupar el tercer lugar en el mundo por la cantidad de productores, después de la India y Uganda. Entre los cuales los

6 principales productos mexicanos que se producen y exportan están el café, aguacate, miel, cacao, mango, uva y en general hortalizas, los principales estados que han aumentado la superficie para la producción de orgánicos son Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Guerrero, Querétaro, Puebla y Veracruz (SAGARPA, 2017).

2.4. Ventajas y desventajas de la producción orgánica

A continuación, SAGARPA (2014), indica algunas de las ventajas y desventajas de la producción orgánica.

2.2.1. Ventajas

- Producción sin uso de agroquímico.
- Conservación de la fertilidad del suelo.
- Uso sostenible del suelo.
- Amigable con el medio ambiente.
- Uso de conocimientos tradicionales.
- Uso de policultivos.
- Proceso productivo auto-sostenible.

2.2.2. Desventajas

- Tecnología y asistencia tecnológica limitada.
- Baja disponibilidad de insumos agrícolas.
- Dificultad en garantizar el cumplimiento de métodos.

2.5. Composta

2.5.1. Concepto y función de la composta

Es la descomposición biológica de sustratos orgánicos, realizada por una población microbial diversa y en condiciones predominantemente aerobias, generando un material estable, libre de patógenos, que puede aplicarse al suelo. Adicionalmente se generan CO_2 , H_2O , NO_3 y SO_4 . En el proceso intervienen diversos grupos de microorganismos con roles definidos en la biooxidación: bacterias, hongos, actinomicetos, protozoarios y lombrices; los tres primeros

degradan los residuos orgánicos y los restantes ayudan a transformar estructuras orgánicas, haciéndolas disponibles a las bacterias (Oviedo *et al.*, 2017).

2.5.2. Características del compostaje

Las características varían de acuerdo al material orgánico, proceso empleado y distintas etapas de fabricación. Se identifican algunas características frecuentes como:

- Color marrón.
- Disminución de la relación carbono nitrógeno.
- Continuo cambio de naturaleza por efecto de los microorganismos, así como alto contenido de canje de cationes y mayor capacidad de hidratación.

Hasta que alcanza la estabilidad, el compostaje es un proceso biológico, aeróbico y controlado, que transforma la materia orgánica en composta, con sustancias húmicas (Lusal, 2018).

2.5.3. Proceso del compostaje.

Proceso basado en la descomposición de materia orgánica a través de organismos aeróbicos y se dividen en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura (INFOAGRO, 2016):

2.5.3.1. Mesolítico

Es la multiplicación de los organismos mesófilos. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva hasta 40 °C. Los microorganismos omicetos, zigomicetos, ascomicetos, basidiomicetos y hongos imperfectos se multiplican rápidamente por la actividad metabólica, que eleva la temperatura, produciendo ácidos orgánicos los que hacen bajar el pH. En este periodo son atacadas las sustancias carbonadas fácilmente oxidables como los glúcidos, almidón, aminoácidos y proteínas solubles (Sztern & Pravia, 2008).

2.5.3.2. Termofílico

Las poblaciones mesófilas son sustituidas por las termófilas en ambiente entre 50-70°C, aquí los patógenos, larvas, e inclusive semillas de malezas crecen de estrés térmico. El proceso tarda de una a ocho semanas según el ritmo de fermentación acelerado o lento, dependiendo de los especímenes que entran del medio, se hace una verdadera pasteurización y excesiva mineralización. Además, transforma el nitrógeno en amoníaco y el pH alcalino. A 60°C los hongos termófilos desaparecen y surgen bacterias esporíferas y actinomicetos que descomponen las ceras, proteínas y hemicelulosas, la temperatura desciende a 40°C, hábitat en que reinician su actividad y desciende el pH (Ramírez & Restrepo, 2007).

2.5.3.3. Enfriamiento

Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente (INFOAGRO, 2016).

2.5.3.4. Maduración

Proceso que tarda de una a ocho semanas según el ritmo de fermentación acelerado o lento, dependiendo de los especímenes que entran del medio, se hace una verdadera pasteurización y excesiva mineralización. Se caracteriza por mantener una fermentación lenta, los microorganismos termófilos disminuyen, pero aparecen otros como los basidiomicetos que degradan la lignina y los actinomicetos la celulosa, en esta etapa es el momento de la síntesis coloidal, húmico, hormonal, vitamínico, de antibióticos y otros compuestos (Ramírez & Restrepo, 2007).

2.5.4. Factores que intervienen en el proceso de compostaje

Considerando que, en el proceso de compostaje, los responsables o agentes de la transformación son seres vivos estos requieren de condiciones óptimas para poder vivir (Camacho *et al.*, 2015).

2.5.4.1. Temperatura

La temperatura óptima de la descomposición termofílica es de 50 a 60 C considerando la producción de CO₂; en algunas ocasiones la temperatura por la actividad microbiana puede alcanzar hasta 76°C, situación no deseable, debido que a temperaturas de 64° C la pérdida de nitrógeno en forma de amoniaco es muy alta (SAGARPA, 2018).

2.5.4.2. Humedad

Se recomienda mantener la humedad entre 50 y 60%. Un exceso produce zonas anaerobias y en consecuencia malos olores y retraso del proceso. El déficit detiene el proceso microbial. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. En la tabla 1 se describen algunos de los parámetros óptimos de la humedad (Estrada, 2005).

Tabla 1. Parámetros de humedad óptimos (Roman *et al.*, 2013).

Porcentaje de humedad	Problema		Soluciones
<45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)
45% - 60% Rango ideal			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como aserrines, paja u hojas secas.

2.5.4.3. pH

En función de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En las primeras del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoníaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro. El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad 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. En la tabla 2 se describen los parámetros óptimos (Roman *et al.*, 2013).

Tabla 2. Parámetros de pH óptimos (Roman *et al.*, 2013).

pH	Causas asociadas		Soluciones
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
4,5 – 8,5 Rango ideal			
>8,5	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C:N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoníaco alcalinizando el medio.	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

2.5.4.4. Aireación

En el proceso de composteo se requiere el metabolismo aeróbico, ligado a la oxidación de moléculas orgánicas presentes en el material por descomponer. Generalmente se requiere incrementar la aireación por medio de volteos periódicos de las pilas; con estas acciones, además de suministrarse oxígeno, se disipa el calor producido dentro de la pila. Para determinar algunos intervalos en días, óptimos para realizar los volteos se consideran factores como la temperatura y humedad; así han surgido algunas recomendaciones como la de realizar el primer volteo a los 22 días y posteriormente cada 7 ó cada 15 días; sin embargo, en la práctica esta actividad se realiza cuando la temperatura es cercana a los 70 °C o la humedad es mayor de 60 % (SAGARPA, 2018).

2.6. Vermicomposta

2.6.1. Antecedentes

La producción de residuos orgánicos se ha ido incrementando en las últimas décadas, las diferentes reglamentaciones y directrices vigentes, tienen como finalidad reducir los impactos ambientales de la producción, gestión de los residuos y minimizar las fuentes de contaminación orgánica para el medio ambiente, teniendo

en cuenta tres principios básicos: impedir que se generen residuos, recuperar los residuos generados y la eliminación de éstos de forma segura. El vermicompostaje se presenta como tratamiento de biotransformación adecuado para la obtención de materiales de aplicación agrícola y en la última década, hay ensayos que proponen el uso de tratamientos combinados compostaje y vermicompostaje para la mejora de la calidad de producto final obtenido (Camiletti, 2016).

El vermicompost es una herramienta para el aprovechamiento de residuos orgánicos y animales, ya que estos pueden reciclarse en el suelo en menor tiempo. De esta manera se generan los abonos llamados “lombricomposta” o “vermicomposta”, que son capaces de sustituir en gran medida a los fertilizantes químicos, por lo que se han convertido en una técnica que auxilia en la conservación y mejoramiento del recurso suelo (Gonzalez *et al.*, 2015).

2.6.2. Concepto

Es un proceso de biooxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica mediada por la acción combinada de lombrices y microorganismos bajo condiciones aerobias y mesófilas, con el que se obtiene un producto final estabilizado. Los microorganismos son responsables de la degradación bioquímica de la materia orgánica, mientras que las lombrices actúan como conductores del proceso mediante la fragmentación y acondicionamiento del sustrato para la actividad microbiológica. Con el propósito de convertir residuos orgánicos en vermicomposta, un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina de alto valor agrícola (Villegas & Laines, 2017).

Es un abono orgánico de bajo costo que influye en la fertilidad del suelo al modificar sus propiedades físicas, químicas y biológicas. En las propiedades físicas, incrementa la porosidad, capacidad de retención de agua, circulación del aire y estabilidad de los agregados; asimismo, mejora la estructura y disminuye la erosión. En las propiedades químicas, estabiliza el pH, incrementa la cantidad de materia orgánica, capacidad de saturación de bases, la concentración y efecto residual de

nutrimentos, capacidad de intercambio catiónico y disminuye la acidez hidrolítica (Ortega *et al.*, 2021).

2.6.3. Tipos de lombrices que se utilizan en la vermicomposta

2.6.3.1. *Eisenia fetida* (Lombriz Roja de California)

La lombriz más comúnmente utilizada es la "Red Wiggler" (Roja de California) (*Eisenia fetida*), por tener un alto índice de reproducción y de conversión. Mide en promedio entre 6 y 13 cm de largo. Es de color rojizo, con anillos amarillos, y, por tanto, claramente distinguible de las otras especies. Consume diariamente una cantidad de residuos equivalente, prácticamente, a su propio peso. En situaciones de peligro, emite una secreción con mal olor. Esto le dio el nombre a su especie, fetida - apesta. En condiciones óptimas: 3500 lombrices (con un peso de 1 kg), logran descomponer hasta 1 kg de residuos de cocina por día (Naturaland, 2011).

2.6.3.1.1. Clasificación taxonómica

La identificación de las lombrices frecuentemente es difícil debido a la falta de caracteres de diagnóstico estables y de fácil manejo, sin embargo, para las lombrices *Eisenia fetida* se aplica la siguiente clasificación (Diaz, 2002).

Reino	Animal
División	Anélidos
Clase	Clitelados
Orden	Oligoquetos
Familia	Lombrícidos
Género	<i>Eisenia</i>
Especie	<i>Fetida</i>

2.6.3.2. *Eudrilus eugeniae* (Lombriz Roja Africana)

Originaria de África es una especie recomendada para producir proteínas (biomasa), incluso con temperaturas altas (25 a 300 C). La temperatura óptima para cultivarla centra en 250 C, tolerando mínimas de 150 C. La tasa de aumento en biomasa es mayor que la de *E. fetida*, con pesos medios de adultos en los cultivos que sextuplican los de *E. fetida* (más de 3,0 gr). La humedad que requiere está comprendida entre 70 y 85%, con un óptimo cercano al 80% posiblemente algo menos por el comportamiento observado frente al riego (Schuldt, 2009).

2.6.3.3. *Dendrobaena veneta*

Es una especie con potencial para la vermicultura por su capacidad para tolerar mayores rangos de humedad que muchas otras especies empleadas en vermicompostaje. Su temperatura óptima de crecimiento se sitúa entre 15-25 °C y puede completar su ciclo de vida en 100-150 días, alcanzando la madurez sexual a los 65 días. La producción media de capullos es de 0,28 lombriz-1 día. La viabilidad de eclosión es muy baja (20%) y el tiempo medio de incubación es de 42 días. El número medio de descendientes por capullo es 1.10 (Dominguez & Gómez, 2010).

2.6.4. Factores a considerar lombricultura

Según Guaminga & Ordoñez, (2016), para favorecer las condiciones de crecimiento de las lombrices (roja californiana), y acelerar el proceso de descomposición de los desechos orgánicos es necesario tener algunas consideraciones las cuales son:

- Ausencia de luz: Las lombrices se desarrollan bajo el suelo, y no lo hacen adecuadamente en presencia de luz, por lo que la vermicompostera debe estar cubierta.
- Humedad: el agua tiende a perderse rápidamente debido a la cutícula permeable, no es recomendable que disminuya la temperatura, ya que esto reduce el número de lombrices y se detiene el proceso de compostaje.
- Temperatura: El valor ideal se encuentra alrededor de los 25 ° C, pueden sobrevivir a temperaturas entre 5 – 35 ° C, su reproducción se detiene a

temperaturas menos a 7 ° C, sin embargo, siguen generando abono en menor proporción.

- Ph: Sirve para medir la alcalinidad o acidez del sustrato, las lombrices utilizadas aceptan un rango de 5 a 8.5.y no se desarrollan adecuadamente en ambientes ácidos, de 0 a 4,5.
- Alimentación: Su crecimiento mejora con restos fruta y de vegetales con un ligero grado de descomposición, con una relación C/N baja, por lo cual muestran gran preferencia a la vegetación que se encuentra presente en el suelo.

2.6.5. Tipos de proceso de vermicomposta

Los procesos se desarrollan a diferente escala, dependiendo de los fines científicos que se persiguen (Vargas, 2015). Básicamente se ha establecido tres escalas:

- Microcosmos: Tienen como objetivo conocer la viabilidad de un residuo orgánico problema, sólo o acondicionado, como alimento para las lombrices, y seleccionar aquellos como sustratos más idóneos para ser vermicompostados a escala mayor. Los experimentos se realizan bajo condiciones controladas de temperatura y humedad.
- Laboratorio o mesocosmos: El objetivo es ofrecer información sobre las bases científicas del proceso del vermicompostaje y sobre la viabilidad de la utilización de nuevos residuos orgánicos, solos o mezclados con otros, seleccionados en la escala de microcosmos, para su biodegradación por la acción combinada de lombrices y microorganismos. Las condiciones ambientales en estos procesos están controladas, manteniéndose constantes la humedad y temperatura ubicados en cámaras especiales para este fin. Generalmente el tipo de receptáculo que utilizamos es un tubo cilíndrico y abierto de PVC, de diferente diámetro y altura. En la base se introduce una fina esponja ajustada al fondo para facilitar el drenaje.
- Piloto o macrocosmos: El objetivo es desarrollar, optimizar y monitorizar el proceso de vermicompostaje bajo condiciones ambientales y a gran escala

que permita su transferencia al sector empresarial. Además, generar abonos o enmiendas orgánicas rentables susceptibles de ser utilizados en el sector agrícola o como regeneradores/bioremediadores de suelos.

2.6.6. Microorganismos implicados en la vermicomposta

2.6.6.2. *Azotobacter chroococcum*

Es uno de los géneros fijadores de nitrógeno, más empleados en la inoculación, microorganismo en la preparación de abono orgánico mediante vermicompostaje. El empleo de esta especie permite el acortamiento del período de permanencia de las plantas en los semilleros y favorece el incremento en los parámetros morfológicos de las plantas (Alvarado *et al.*, 2018).

2.6.6.3. *Bacillus firmus*

Posee una amplia diversidad de propiedades bioquímicas y ejerce un efecto positivo en las plantas, tanto de manera directa como indirecta los primeros se refieren a la manera en que participa en el crecimiento vegetal mediante la producción de compuestos fitoestimulantes, por su actividad enzimática nitrogenasa para fijar el nitrógeno atmosférico al suelo la producción de lipopéptidos que actúan como biosurfactantes permiten la solubilización de minerales como el fósforo, dejándolo accesible para ser absorbido por la planta. También las especies de *Bacillus* pueden mejorar el desarrollo vegetal y capacidades de las plantas para resistir periodos más largos de sequía y reducción de enfermedades en las plantas (De la Mora *et al.*, 2016).

2.7. Nutrientes contenidos en composta y vermicomposta

La cantidad de nutrientes que existe en estos sustratos son diferentes ya que esto depende el material orgánico que se utiliza. En la tabla 3 se pueden apreciar algunas de ellas (Allen, 2016).

Tabla 3. Características químicas del composta de jardín y vermicomposta (Allen, 2016).

Parámetro	Compost de jardín	Vermicomposta
------------------	--------------------------	----------------------

pH	7,80	6,80
CE (mmhos / cm)	3,60	11,70
Nitrógeno total (%)	0,84	1,94
Nitrato de nitrógeno (ppm)	156,50	902,20
Fosforo (%)	0,35	0,47
Potasio (%)	0,48	0,70
Calcio (%)	2,27	4,40
Sodio (%)	< 0,01	0,02
Magnesio (%)	0,57	0,46
Hierro (ppm)	11,690	7,563
Zinc (ppm)	128	278
Manganeso (ppm)	414	475
cobre (ppm)	17	27
Boro (ppm)	25	34
Aluminio (ppm)	7,380	7,012

2.8. Lixiviado de vermicomposta

Líquido resultante del paso del agua a través de un sistema donde las lombrices producen la vermicomposta, generada por el proceso de descomposición de sustancias orgánicas complejas y de alta energía. El VCL (lixiviado de vermicompost) contiene una combinación de sustancias excretoras y secretoras de las lombrices, micronutrientes, moléculas del suelo tales como potasio, nitrógeno, manganeso y zinc. Además, contiene ácidos húmicos y fúlvicos que regulan numerosas vías metabólicas involucradas en el desarrollo de la planta. Esta mezcla, además incorpora microorganismos involucrados en procesos de nitrificación, solubilización de minerales del suelo, degradación de materia orgánica y eliminación de patógenos (Guardiala *et al.*, 2019).

Los lixiviados se consideran beneficiosos y se pueden usar como fertilizantes líquidos, debido a la alta concentración de nutrientes de las plantas, son beneficiosos para la producción y calidad de las cosechas y que estos se puedan utilizar para fines agrícolas (Calero *et al.*, 2019).

2.8.3. Antecedentes

El deterioro de la fertilidad de nuestros suelos, situación que en las últimas décadas se ha convertido en uno de los elementos que frenan el incremento de la producción de alimentos una alternativa para potenciar la fertilidad de los suelos, lo constituye el desarrollo de microorganismos capaces de fijar el nitrógeno, solubilizar el fósforo, potasio y estimular el crecimiento de las plantas. En este sentido, refiere que la lombricultura constituye el método de obtención de humus mediante la cría intensiva de la lombriz de tierra, la que aporta un material de alta calidad con bajo costo de producción y grandes volúmenes de materia, lo cual facilita superar económicamente al sistema tradicional con el de la materia orgánica. La materia orgánica resultante de las excretas de lombrices mezclada con agua, origina un lixiviado de humus de lombriz (humus líquido) que aplicado al suelo o a la planta actúa como racionalizante de la fertilización, el cual, se puede emplearse como biofertilizante para aplicaciones foliares o al suelo (Perez & Lamadrid, 2014).

2.8.4. Tratamiento de los lixiviados

Se pueden clasificar de acuerdo a diferentes características como, por ejemplo, de acuerdo a los niveles de tratamiento que se logren con cada una de ellas, o por el tipo de contaminación que puedan remover (Martinez *et al.*, 2014). A continuación, se describe cada una de ellas:

- **Procesos biológicos:** son efectivos para lixiviados jóvenes, que generalmente presentan altas concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV) y cuya relación de demanda bioquímica de Oxígeno y demanda química de Oxígeno (DBO5/DQO) es mayor a 0,4, lo cual indica alta biodegradabilidad 2-4. Dependiendo de las características del lixiviado y de las necesidades del operador se optará por un tratamiento biológico aerobio o anaerobio.
- **Tratamiento aerobio:** Consiste en la depuración de los compuestos orgánicos presentes en el lixiviado por microorganismos en presencia de oxígeno y agitación, para evitar condiciones de anaerobiosis dentro de los tanques de depuración. Durante esta degradación se forman sólidos decantables que se separan con facilidad de la fracción líquida. Se puede llegar a aplicar un tratamiento aerobio mediante el uso de lagunas aireadas, sistemas de lodos activados, sistemas biológicos de discos rotatorios (biodiscos), filtros percoladores, etc.
- **Tratamiento anaerobio:** Se basa en el mismo principio de depuración vía aerobia, pero esta vez es mediante una población bacteriana en condiciones de ausencia de oxígeno, lo que lo hace ser un proceso más simple que genera menor cantidad de lodos. Sin embargo, se deben tener muchas consideraciones en la operación como, por ejemplo, los altos contenidos de amoníaco y de minerales disueltos pueden generar problemas de toxicidad para los microorganismos.

2.8.4.2. Tratamiento oxidación Fenton

Consiste en la oxidación de la carga contaminante con una combinación de peróxido de hidrógeno y sulfato ferroso (reactivo Fenton), típicamente a presión

atmosférica y temperatura entre 20 °C y 40 °C. Las condiciones óptimas del reactivo se obtienen a valores ácidos de pH y con ellas se pueden alcanzar altas remociones de los contaminantes orgánicos. El proceso involucra:

- un cambio estructural de los compuestos orgánicos que posibilitan un eventual tratamiento biológico posterior,
- una oxidación parcial que redunde en una disminución de la toxicidad del efluente, y/o una oxidación total de los compuestos orgánicos en sustancias inocuas que posibilitan una descarga segura del efluente sin necesidad de un posterior tratamiento.

El agente responsable de la oxidación en el proceso Fenton es el radical hidroxilo ($\bullet\text{OH}$), $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} + \text{OH}$. Este radical libre es en extremo reactivo y se forma por la descomposición catalítica del peróxido de hidrógeno en un medio ácido (Méndez *et al.*, 2010).

2.8.4.3. Tratamiento con carbón activado

Es el mejor adsorbente de uso general para remoción / reducción de muchos compuestos orgánicos, algunos inorgánicos de diferentes líquidos y soluciones. El carbón activado posee la virtud de adherir o retener en su superficie uno o más componentes (átomos, moléculas, iones) del líquido que está en contacto con él. Este fenómeno se denomina poder adsorbente. La adsorción es la responsable de purificar, desodorizar y decolorar el agua u otros sólidos, líquidos o gases que entren en contacto con el elemento adsorbente (Apelsa, 2004).

La adsorción con carbón activado ha mostrado ventajas comparativas con respecto de otros sistemas de tratamiento fisicoquímico. El proceso de adsorción puede describirse como la transferencia de un soluto en un gas o líquido (adsorbato) hacia la superficie de un sólido (adsorbente) en donde el soluto es retenido como resultado de atracciones intermoleculares con las moléculas sólidas. En el proceso de adsorción, se tiende a alcanzar un equilibrio entre la concentración del sustrato y cantidad de sustancia retenida. General la cantidad de materia adsorbida se determina como una función de la concentración del adsorbato (C) a temperatura

constante (T), llamándose a la función resultante isoterma de adsorción. El valor del pH inicial en el proceso de carbón activado se relaciona con la eficiencia de remoción de contaminantes (Méndez *et al.*, 2010).

2.8.5. Forma de aplicación

Solución que puede ser aplicada a través de sistemas de riego presurizado, por lo que su uso puede adaptarse en sistemas de producción orgánica de cultivos bajo condiciones de invernadero. También se ha utilizado para prevenir enfermedades, tanto en aspersion foliar como aplicado al sustrato (Grenon *et al.*, 2012).

Se recomienda hacer una mezcla, con lo cual hay que diluir el lixiviado en agua para evitar que su alto nivel de concentración quemee a las plantas. Esta fórmula se puede aplicar con ayuda de un atomizador para hacer una mejor distribución del producto, además se puede ocupar para cualquier tipo de hortaliza y en distintas técnicas ya sea cultivo en sustrato por hidroponía o de forma tradicional en tierra (Hidroponía, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

El desarrollo de este trabajo de observación, así como los análisis de laboratorio se realizaron en Laboratorio Nacional de Agua, Suelo y Planta del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en la ciudad de Gómez palacio Durango, en las coordenadas 25° 35'21.05" N 103° 27' 08.79" O.



3.2. Metodología

3.2.1. Vermicompost

Se construyó un cuadro de madera de 1 m de largo, 0.5 de ancho y 0.25 de profundidad, el cuadro se forro con plástico de polietileno; en la parte inferior se colocó un tubo de PVC para actuar como dren. Se depositó estiércol seco de bovino previamente solarizado, se agregó agua hasta humedecerlo hasta obtener un 70 ± 5 % de humedad, se suministraron riegos diariamente para mantener constante el porcentaje de humedad. Se agregó 1 kg de lombriz roja californiana de la especie *Eisenia fétida* y se mezclaron con el estiércol. Las lombrices se dejaron 75 días, al finalizar este tiempo se obtuvo el humus de lombriz (Ramírez-Gottfried *et al.*, 2021).

3.2.2. Composta de hoja

Se construyó un cajón de madera 1 m de largo, 0.5 m de ancho y 75 cm de profundidad; en el cajón se colocaron residuos de hojas y pasto seco de diferentes especies vegetales. Se aplicó riego diario de forma manual para mantener la humedad entre 70 ± 5 %. Se cubrió el cajón con una lona y se dejó a la intemperie por 60 días. Al término de este tiempo se recogió la composta y se utilizó para preparar los extractos.

3.2.3. Fibra de coco

Se utilizó fibra de coco comercial de la marca Eco Sustrato®, esta fibra se puede extraer de forma artesanal o con maquinaria especializada, se inicia con la obtención de la cascara (cubierta externa del coco), este paso se realiza manualmente, utilizando una estaca de madera o hierro afilado, fijada en la tierra a 90 cm aproximadamente. El coco se clava en la punta de la misma, para perforar la cáscara y el extremo redondo del coco, moviéndose para ir removiendo la cáscara por partes. Continúa el alisado, que no es más que el arreglar u ordenar la cáscara que contiene la fibra, de manera que pueda someterse al enriado; operación que consiste en sumergir el material en un recipiente con agua, donde cuidadosamente las fibras se han apilado, entrelazadas, formando calles colocando piedras pesadas encima para que quede cubierto por el agua mientras ocurre el proceso de maceración (García *et al.*, 2017).

Una vez desprendida la fibra, se procede al lavado para llevar a cabo la eliminación de impurezas, y luego se deja secar al sol hasta que esta se encuentre completamente seca. para luego ser sometida al rastrillado, cuya finalidad es limpiar, separar e igualar la fibra. Se realiza con una tabla de rastrillar, la cual consta de una superficie plana de madera cubierta con alambre púa. Se hace pasar varias veces la fibra entre las púas, las que se desprenden al final es el pelo o fibra de mejor calidad (Montañez *et al.*, 2009).

3.2.4. Elaboración de extractos

La elaboración de los extractos utilizados en este trabajo, se realizaron siguiendo las indicaciones metodológicas de Ochoa *et al.*, (2009), se utilizaron las cantidades y combinaciones de sólidos presentadas en el tabla 4.

Tabla 4. Sustratos utilizados en el estudio.

Tratamiento	Cantidad de sólidos
T1	0.500 kg vermicompost + 0.500 kg fibra coco
T2	1 kg composta de hoja
T3	0.500 kg composta hojas + 0.500 kg vermicompost
T4	0.333 kg fibra de coco + 0.333 kg composta de hojas+ 0.333 kg vermicompost
T5	1 kg vermicompost

Se elaboraron 5 filtros de tela en los cuales se introdujeron los sólidos; los filtros cerrados y amarrados se depositaron en un bote de plástico con 5 L de agua destilada, cada tercer día se agregó 10 gr de azúcar común. En cada bote de plástico se colocó una bomba de oxigenación para ayudar a promover la activación bacteriana; la duración de este proceso fue de 21 días. El líquido se recolectó y se pasó por papel filtrante, para posteriormente ser almacenado en botellas de plástico.

3.3. Análisis de macro y micro elementos

Se tomó 1 ml de cada muestra y se sometieron a digestión húmeda con ácido nítrico (HNO₃) y ácido perclórico (HClO₄) en una relación 2:1 hasta la desaparición total de la materia orgánica sobre un plato a una temperatura de 120 °C. las muestras se filtraron y aforaron a 50 ml con agua destilada. El análisis de los componentes se realizó por espectroscopia de absorción atómica en un equipo Perkin Elmer Analyst 700.

3.4. Análisis de salinidad, sodicidad y otras determinaciones

El pH y conductividad eléctrica se determinó por medio de un medidor tipo mesa de la marca Ohaus, la medición se realizó directamente en el líquido de los extractos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta la concentración de macroelementos, microelementos, salinidad, sodicidad y otras determinaciones en las muestras de los extractos.

4.1. Macroelementos

En la tabla 5 se presentan las concentraciones obtenidas de los diferentes tratamientos que se utilizaron en el experimento.

Tabla 5. Macroelementos obtenidos en los tratamientos

	T1	T2	T3	T4	T5
Calcio Ca (%)	0.18	0.09	0.24	0.13	0.51
Magnesio Mg (%)	0.04	0.03	0.04	0.03	0.09
Potasio K (%)	0.13	0.05	0.13	0.08	0.14
Sodio Na (%)	0.05	0.03	0.05	0.04	0.03
Fosforo P (%)	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
Nitrógeno total (%)	0.02	0.01	0.00	0.00	0.54

La mayor concentración de Ca se obtuvo en T5 con 0.51 seguido del T3 con 0.24 %, la menor se presentó en T2 con 0.09%. Allen, (2016), elaboró extractos de vermicompost y realizó análisis químico de ellos, sus resultados indican mayores concentraciones de Ca (4.40 y 2.27%) que las obtenidas en este trabajo. INTAGRI, (2018), indica que las funciones críticas del calcio en las plantas se relacionan directamente con el crecimiento de la raíz y calidad de los frutos después del amarre, aunque es un nutriente que está involucrado en un mayor número de procesos. La deficiencia de este nutriente en los vegetales provoca síntomas de clorosis por inhibición y bloqueo de la síntesis de clorofila, mal desarrollo radical, desarrollo anormal de hojas y enrollamientos, deformación y falta de tamaño de frutos, pudrición apical, rajado de frutos, mala vida de anaquel y frutos de mala calidad. El exceso de calcio en el suelo origina inmovilización de algunos elementos (hierro, boro, zinc y manganeso), al encontrarse el calcio como carbonato, lo que

produce un aumento del pH. que favorece la precipitación de dichos elementos, produciéndose una inmovilización de estos (Moyeja, 2007).

El mayor contenido de Mg, se obtuvo en T5 con 0.09% seguido del T1 y T3 con un 0.04%. El T2 y T4 con un 0.03 % fueron los de menor concentración. Duran & Henríquez, (2007), realizó compostas orgánicas y obtuvo en promedio 0.06%, resultados similares a los encontrados en este trabajo. El Mg está involucrado directamente en la reacción fotosintética y metabolismo glucídico en la planta, además activa enzima que intervienen en la síntesis de los ácidos nucleicos, por tanto, es factible suponer su injerencia en el verdor de las hojas (Reyes *et al.*, 2017). El amarillamiento en forma de clorosis intervenal en las hojas viejas de la planta es uno de los síntomas típicos del estrés causado por la deficiencia de Mg. Se conoce que hasta el 35% del total de Mg en las plantas está ligado a los cloroplastos. Sin embargo, la presencia de los síntomas de deficiencia de Mg es altamente dependiente de la intensidad de la luz. La alta intensidad de la luz incrementa la clorosis intervenal y la presencia de manchas de color rojizo en las hojas (Cakmak & Yazici, 2010).

La cantidad más alta de K se presentó en T5 con 0.14%, la menor concentración fue en T1 con 0.05%. González *et al.*, (2013), realizó análisis químico de extracto de vermicompost de estiércol bovino quien reporta un rango de K (0.03%), nuestros resultados obtenidos en este trabajo son mayores. Según Gómez *et al.*, (2014), cuando se incrementa el nivel de potasio pueden causar antagonismos que lleven a deficiencias de otros nutrientes como el fosforo, magnesio o el calcio, cuando ocurre esto es mejor ajustar el programa de fertilización. Algunas de las principales funciones del K que está comprometido son: la osmorregulación, la síntesis de los almidones, la activación de enzimas, la síntesis de proteínas, el movimiento estomático y el balance de cargas iónicas (Kant & Kafkafi, 2014). Es crucial en una serie de procesos fisiológicos de vital importancia para el crecimiento, rendimiento, calidad y resistencia al estrés de todos los cultivos (Ferrón-Carrilo, 2010).

En Na la mayor concentración se presentó en T1 y T3 con 0.05%, el tratamiento con menor concentración fue T2 y T5 con 0.03%. Velecela *et al.*, (2019), realizó análisis químico de vermicompost con estiércol bovino el cual obtuvo un valor de Na de 0.33% comparando el resultado del trabajo es inferior. Según Álvaro *et al.*, (2020), cuando se presentan contenido elevado de Na se suele manifestar en las raíces, también podrían observarse daños en la parte superior de la planta como pueden ser, caída de las hojas, quemaduras marginales en las hojas, muerte de las raíces, muerte gradual o repentina de las plantas, así como retraso de germinación y amarillamiento de la hoja. El Na puede ser usado en pequeñas cantidades, al igual que los micronutrientes, como auxiliar para el metabolismo y síntesis de clorofila en plantas C4. En algunas plantas puede ser empleado como sustituto parcial del K, además de ser útil en la apertura y cierre de estomas, lo cual ayuda a regular el equilibrio interno de agua (INTAGRI, 2016).

La mayor concentración de P se presentó en T2, T4 y T5 con una concentración de 0.02%, la menor concentración fue en T1 y T3 con un 0.01%. Hernández *et al.*, (2010), realizó análisis químico de vermicompost quien obtuvo un rango de P de 0.22%, comparando con el resultado de este trabajo son inferiores. De acuerdo con Quintana *et al.*, (2017), ante exceso de fósforo los contenidos de clorofila tienden a reducirse drásticamente debido a la ocurrencia de un antagonismo con aniones como el NO_3 . Singh *et al.*, (2015), afirman que la capacidad fotosintética y, por ende, la clorofila, están relacionadas directamente con el contenido de fósforo y de nitrógeno en la planta, es un nutriente fundamental en el metabolismo de las plantas, como componente de ácidos nucleicos y de moléculas ricas en energía (Novoa *et al.*, 2018).

La mayor concentración de NT se obtuvo en el T5 con el 0.54%, hubo 2 tratamientos que no mostraron resultados favorables esos fueron el T3 y T4 con un 0.00%. Comparando el resultado de Fortis *et al.*, (2009), quien reporta 1.73% de NT de análisis químico de extracto de vermicompost nuestro resultado es inferior. El nitrógeno interviene en la división celular y en muchos otros procesos, como la producción de clorofila, sin la cual la fotosíntesis no es posible. Resulta también un

componente básico de proteínas y aminoácidos, así como de gran cantidad de enzimas. Además, juega un papel importante en la producción de azúcares, almidón y lípidos, entre otras sustancias, para la nutrición y otros procesos básicos de las plantas (Acosta, 2021).

4.2. Microelementos

En la tabla 6 se presentan las concentraciones de Microelementos en cada uno de los diferentes tratamientos.

Tabla 6. Microelementos obtenidos de los lixiviados.

	T1	T2	T3	T4	T5
Fierro Fe (ppm)	21.79	9.29	14.05	8.1	1262.91
Zinc Zn (ppm)	2.56	2.11	2.33	1.88	25.36
Manganeso Mn (ppm)	6.15	2.69	4.42	2.44	50.6
Cobre Cu (ppm)	ND	ND	ND	ND	5.81
Boro B (ppm)	ND	ND	ND	ND	102.93
Azufre S (ppm)	ND	ND	ND	ND	6.53

ND= No detectado.

De acuerdo a los resultados obtenidos el tratamiento que presento más concentración de Fierro fue T5 con 1,262.91 ppm, el tratamiento con menor resultado fue T4 con 8.1 ppm. Comparando el resultado del T5 vermicompost con los de Zamora *et al.*, (2017), son inferiores ya que el resultado que obtuvo fue 1,929 ppm. Un Micronutriente esencial para las plantas, ya que desempeña funciones claves en la síntesis de clorofila, mantiene la estructura de los cloroplastos y la actividad enzimática (INTAGRI, 2019).

El tratamiento que presento mayor cantidad de Zn fue T5 con 25.36 ppm, el de menor concentración se obtuvo con el T4 con un valor de 1.88 ppm. Comparando nuestro resultado con los de Duran & Henriquez, (2007), son inferiores al resultado obtenido por el quien reporta un valor de 308 ppm. Es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas ya que participa directamente en el metabolismo de las células y, en particular, porque ningún otro elemento puede

desempeñar las mismas funciones, su capacidad de actuar como estabilizador de la estructura de las proteínas o como un cofactor (Ion inorgánico) necesario para la activación de las enzimas involucradas en diferentes procesos metabólicos. Así como es indispensable para que ocurra la fotosíntesis y se lleve a cabo el metabolismo de los carbohidratos en las plantas, debido a que este elemento estabiliza o activa las proteínas involucradas en dichos procesos (Amezcuca & Lara, 2017).

El resultado obtenido de Mn el de mayor concentración se presentó en el T5 con resultado de 50.6 ppm, mientras que el de menor concentración se obtuvo en el T4 con un valor de 2.44 ppm. Comparando nuestros resultados con los de Preciado *et al.*, (2014), quien obtuvo 1.5 ppm obtuvimos un mejor resultado en todos los tratamientos. El Mn se encuentra involucrado en procesos de activación de las enzimas fosfotransferasa, dehidrogenasas y fosfomutasa. Interviene en la síntesis de clorofila y en sistemas de óxido-reducción del proceso de fotosíntesis. Es esencial en el proceso de respiración, síntesis de proteínas, metabolismo de nitrógeno y azúcares. Plantas con contenidos adecuados de este elemento tienden a presentar una mayor fotosíntesis neta (Gómez *et al.*, 2006).

Los resultados obtenidos de los microelementos de Cu, B y S solo se obtuvo respuesta en el tratamiento 5, mientras los de más tratamientos no presentaron valores. De acuerdo con los valores obtenidos del T5 el Cobre y Azufre son inferiores comparado con resultado de Zamora *et al.*, (2017), mientras que el B es el único que sobresale con un resultado de 102.93 ppm, el valor que obtuvo Zamora fue de 13 ppm. Según Pereira *et al.*, (2011), el Cu en la planta es la de participar como coenzima en varios sistemas enzimáticos involucrados en la formación y conversión de aminoácidos, así como en la desintoxicación de radicales superóxidos. Varias proteínas que contienen Cu desempeñan un papel fundamental en procesos tales como la fotosíntesis, respiración, desintoxicación de radicales superóxido y lignificación. El B Es utilizado por las plantas como ácido bórico, forma en el cual se encuentran a pH neutro. participa en el metabolismo de fenoles, protegiendo a las membranas celulares e impidiendo que se acumulen en los tejidos

de las plantas, ya que los fenoles son inhibidores de la elongación de raíces. El S es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. Es tan importante en el crecimiento de la planta como el fósforo y magnesio; pero su función es a menudo subestimada es importante en la protección de las células, ya que evita la deshidratación por calor, sequía y también juega un papel en la protección de los daños de las células por frío.

4.3. Salinidad, sodicidad y otras de terminaciones

En la tabla 7 se presentan las concentraciones obtenidos en los extractos de lixiviados de compost.

Tabla 7. Salinidad, sodicidad y otras determinaciones en los extractos del compost.

	T1	T2	T3	T4	T5
pH	5.24	7.26	6.41	6.32	4
CE (dS/m)	7.84	6.63	9.48	7.58	10
Carbono Orgánico CO(%)	0.18	0.07	0.21	0.11	2.28
Materia Orgánica MO (%)	0.32	0.13	0.37	0.19	3.93
Ácidos Húmicos AH(%)	ND	ND	ND	ND	0.11
Ácidos fúlvicos AF(%)	ND	ND	ND	ND	0.11

ND= No detectado

En pH el tratamiento que presento el mayor fue el T2 con un rango de 7.26, el de menor rango fue el T5 con 4, comparando nuestros resultados con el de Fortis *et al.*, (2009), que el obtuvo un valor de pH 9.37 nuestro resultado es inferior, pero según INTAGRI, (2018), el pH óptimo que deben de tener los nutrientes para que la planta pueda asimilarlo debe oscilar entre 6.5 y 7.3, de acuerdo a nuestros resultados obtenidos existen 3 tratamientos que cumplen con el requisito que son T2, T3 y T4, los tratamientos restantes no cumplen el rango.

La mayor CE se obtuvo en T5 con 10 ds/m, el de menor resultado fue T2 con 6.63 ds/m. Hernandez, (2017), realizó análisis químicos de vermicompost sus resultados indican una CE de 7,7 ds/m, de acuerdo con los resultados del trabajo

obtuvimos CE similares en el T1 y T4. Barbaro *et al.*, (2018), recomienda que la CE de un sustrato sea baja, en lo posible menor a 1 ds/m. Una CE baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo.

En CO se encontró que la concentración más alta fue T5 con 2.28% y la menor concentración fue T2 con 0.07%, los datos obtenidos son menores a los referidos por Hernandez *et al.*, (2010), quien reporta un rango de 4.6% de CO en vermicomposta con estiércol bovino. El CO es esencial para la actividad biológica del suelo. Proporciona recursos energéticos a los organismos del suelo mayoritariamente heterótrofos, en forma de carbono lábil (Martínez *et al.*, 2008).

Para la MO se encontró que el T5 presentó mayor concentración de 3.93%, el de menor concentración se presentó en el T2 con 0.13%, estudios reportados por Vogtmann *et al.*, (2013), & Ferruzzi (1986), indican contenidos altos en un rango que va de 24-77% de MO, comparando los resultados obtenidos es muy inferior comparando con los autores.

En AH solo se obtuvo resultado en T5 con un 0.11%. López *et al.*, (2014), realizó estudios químicos de lixiviados sus resultados indican mayores concentraciones de AH (16%) que los encontrados en este trabajo. La aplicación de AH resulta en un aumento significativo en el crecimiento de la planta y rendimiento de los cultivos, mediante la mejora de las propiedades hidrofísicas y disponibilidad de nutrientes de los suelos (López *et al.*, 2014).

En AF solo se obtuvo resultado en T5 con 0.11%, los de más tratamiento no presentaron resultados. Méndez & Gara, (2008), elaboraron producto de vermicompost y realizaron estudios químicos del extracto, sus resultados indican mayor concentración de AF (18.6%) que las obtenidas en este trabajo. La importancia de los AF en el suelo radica en el mantenimiento de cationes en forma disponible para las plantas, además de favorecer su transporte hacia la raíz, su presencia es importante para la formación y estabilidad de agregados, al tener agregados estables en el suelo favorecen la retención de humedad y aireación (Rosales *et al.*, 2015).

V. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis químico de los extractos obtenidos de los diferentes sustratos orgánicos, se puede concluir que:

El tratamiento que presentó mejor concentración de nutrientes fue el T5 (vermicompost) por lo que se considera una buena opción para ser utilizado en la producción agrícola

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta, M. B. (2021). Función del nitrógeno en las plantas y su importancia. *EcologiaVerde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/funcion-del-nitrogeno-en-las-plantas-y-su-importancia-2704.html>
- Allen, J. (2016). Vermicomposting. *New Mexico State University (NMSU)*, 1-4.
- Alvarado Ruffo, K., Blanco Imbert, A., Rios Rocafull, Y., Capdesuñer Rojas, r., & Matos Thompsob, K. (2018). Influencia de un sistema de abonado orgánico y *Azotobacter chroococcum* sobre posturas de cocotero. *Cultivos Tropicales*, 40(1), 06.
- Álvaro, G. j. (2020). El sodio y su importancia en el crecimiento vegetal. *Fertibox*, 1-4.
- Amezcu Romero, J., & Lara Flores, M. (2017). El zinc en las plantas. *Ciencia*, 68(3), 28-35.
- Apelsa. (2004). ¿Que es carbon activado? *Apelsa Proveedores de Carbon activado en Mexico*. Obtenido de <http://www.carbonapelsa.com.mx/pages/spanish/carbonactivado.html>
- Arias Hernandez, A. (2015). "*Productos orgánicos México*". CD. Mexico: cedrssa/desanr.
- Barbaro, L. A., Karlanian, M. A., & Mata, D. A. (2018). Importancia del pH y Conductividad Electrica (CE) en los sustratos para plantas. *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca*, 1-11.
- Cakmak, I., & Yazici, A. M. (2010). Magnesio: el elemento olvidado en la producción de cultivos. *Informaciones Agronomicas*, 94(2), 23-25.
- Calero Hurtado, A., Quintero Rodríguez, E., Pérez Díaz, Y., González-Pardo Hurtado, Y., & González Lorenzo, T. (2019). Microorganismos eficientes y

vermicompost lixiviado aumentan la producción de pepino. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), 2-9.

Camacho Cespedes, F., Uribe Lorio, L., Newcomer, Q., Masters, K., & Kinyua, M. (2018). Bio-optimization of compost with cultures of mountain microorganisms (MM) and digested sludge from bio-digester (LDBIO). *Cuadernos de Investigación UNED*, 10(2), 15-25. doi:10.22458

Camacho Garcia, A., Abellan Gomez, J., & Palacios Lopez, J. R. (2015). Manual de Compostaje. *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino*, 18-21.

Camiletti Morales, J. (2016). Estudio del vermicompostaje de compost de residuos organicos de distinta naturaleza. *Master en ingeniería agronómica*, 7-26.

CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria). (2015). Productos orgánicos en México. 2-21. Recuperado el 01 de Octubre de 2021, de <http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/97Productos%20org%C3%A1nicos%20en%20M%C3%A9xico.pdf>

De la Mora Covarrubias, A., & Vasquez Gonzales, F. J. (2016). Sucesión bacteriana del género *Bacillus* en el proceso de compostaje y lombricompostaje con diferentes fuentes de estiércol. *Tecnociencia Chihuahua*, 10(1), 23-31.

Diaz, E. (2002). Lombricultara una alternativa de produccion. *ADEX (Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior)*. 9-11.

Dominguez, J., & Gómez Brandon, M. (2010). Ciclos de vida de las lombrices de tierras aptas para el vermicompostaje. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 26(2), 309-320.

Duran, L., & Henriquez, C. (2007). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 31(1), 41-51.

- Estrada Pareja, M. M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 43-48.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2004). Las buenas practicas agricolas. Recuperado el 01 de Octubre de 2021, de <https://www.fao.org/3/ai010s/ai010s.pdf>
- Ferrón-Carrilo, F. (2010). Uso eficiente del potasio en agricultura: Absorción y adecuación de su aplicación. *Infoagro*, 4.
- Ferruzzi, C. (1986). Manual de Lombricultura. *Mundiprensa*, 138.
- Fortis Hernández, M., Leos Rodríguez, J. A., Preciado Rangel, P., Orona Castillo, I., García Salazar, J. A., Garcia Hernandez, J. L., & Orozco Vidal, J. A. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 329-336.
- Garcia Garcia, R. M., Lopez Fernandez, J. F., & Anabel, M. C. (2017). Proceso de obtención de fibra de coco para fabricar colchones ecológicos hipoalergenicos en la comuna “sacachún”. *Revista Empresarial, ICE-FEE-UCSG*, 11(4), 14-19.
- Gómez Schouben, A. L., Sánchez de Prager, M., Muñoz, J. E., & Valencia, I. C. (2014). Efecto del fósforo y potasio en la producción de ácido cítrico utilizando una cepa de *Aspergillus niger*. *Acta Agronómica*, 63(3), 1-9.
- Gómez, M. I., López, M. Á., & Cifuentes, Y. C. (2006). El manganeso como factor positivo en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) y arveja (*Pisum sativum* L.) en suelos del altiplano Cundiboyacense. *Agronomía Colombiana*, 24(2), 340-347.
- Gonzalez Sandoval, M. d., & Quezada Maldonado, J. (2015). Elaboración de lombricomposta a partir de residuos sólidos orgánicos. *Tierramorf*, 1-4.

- González Solano, K. D., Rodríguez Mendoza, M. D., Trejo Téllez, L. I., Sánchez Escudero, J., & García Cué, L. (2013). Propiedades químicas de tés de vermicompost. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(5), 901-911.
- Grenon Casales, G. N., Vazquez Garcia, L. M., & Milpa Megia, S. (2012). Cultivo en maceta de *Iris xiphium* L. (Iris de Holanda) con diferentes concentraciones de humus de lombriz y sus lixiviados. *Facultad de Ciencias Agrarias*, 44(2), 109-117.
- Guaminga, O., & Juan, O. (2016). Production of Humus and Biol from Vermicomposting. *Researchgate*, 1-12.
- Guardiala Marquez, C. E., Pacheco Moscoa, A., & Senes Guerrero, C. (2019). Evaluación de biofertilizantes a base de microorganismos y lixiviado de vermicomposta. *AgroProductividad*, 12(3), 53-61.
- Hernández de León, H. R., Ismael, L. V., Ruíz Valdiviezo, v. m., Villalobos Maldonado, J. J., Enciso Sáenz, S., Castañón González, J. H., . . . Abud Archila, M. (2017). Optimización de la producción de té de vermicomposta y su empleo para la germinación de semillas de *Jatropha curcas* L. *Interciencia*, 42(7), 417-422.
- Hernández, J., Marmol, L., Guerrero, F., Salas, E., Barcenas, J., Polo, V., & Colmenares, C. (2010). Caracterización química, según granulometría, de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia*, 27(4), 491-520.
- Hidroponía. (2016). Conoce los beneficios de utilizar lixiviado de lombriz. *Conoce hidroponia*. Obtenido de <http://hidroponia.mx/conoce-los-beneficios-de-utilizar-lixiviado-de-lombriz/#:~:text=En%20cuanto%20a%20su%20contenido,carencia%20que%20tengan%20las%20plantas%2C>

- IFOAM. (2014). Principios de la Agricultura Orgánica. Recuperado el 03 de Octubre de 2021, de https://www.ifoam.bio/sites/default/files/poa_spanish_web.pdf
- IFOAM. (2020). Los principios de la agricultura organica. *Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica*. Recuperado el 05 de octubre de 2021, de <http://biologia.ucr.ac.cr/profesores/Garcia%20Jaime/agricultura%20organica/principios%20de%20la%20agricultura%20organica-ifoam.pdf>
- INFOAGRO. (2016). El Compostaje. *Información técnica agrícola*, 04-08.
- INTAGRI (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura). (2018). Disponibilidad de Nutrientes y el pH del Suelo. *Artículos Técnicos de intagri. México*.
- INTAGRI (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura). (2018). Funciones del Calcio (Ca) en la Nutrición de los Cultivos. *Artículos Técnicos de intagri. México*, 5.
- INTAGRI. (2016). Los Elementos Benéficos para las Plantas. *Artículos Técnicos de intagri. México*.
- INTAGRI. (2019). El Hierro (Fe) en la Nutrición Vegetal. *Artículos Técnicos de intagri*, 4. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-hierro-en-la-nutricion-vegetal>
- Joshi, R., Singh, J., & Vig, A. (2015). Vermicompost como un fertilizante orgánico eficaz y agente de biocontrol: efecto sobre el crecimiento, el rendimiento y la calidad de las plantas. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 137-159. doi:10.1007/s11157-014-9347-1
- Kant, S., & Kafafi, U. (2014). Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos. *he Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agricultural, Food and Environmental Quality Sciences*, 263-303.

- López Salazar, R., González Cervantes, G., Vázquez Alvarado, R. E., Olivares Sáenz, E., Vidales Contreras, J. A., Carranza de la Rosa, R., & Ortega Escobar, M. (2014). Metodología para obtener ácidos húmicos y fulvicos y su caracterización mediante espectrofotometría infrarroja. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(8), 1397-1407.
- Lusal. (2018). Composta, características y beneficios. Recuperado el 08 de octubre de 2021, de <https://www.servicios-lusal.com.mx/composta-caracteristicas-y-beneficios/>
- Martínez H, E., Fuentes E, J. P., & Acevedo H, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96. doi:10.4067/S0718-27912008000100006
- Martinez Lopez, A. G. (2014). Alternativas actuales del manejo de lixiviados. *Avances en Quimica*, 9(1), 37-47.
- Mendez Novelo, R. I., Garcia Reyes, R. B., Castillo Borges, E. R., & Sauri Riancho, M. R. (2010). Tratamiento de lixiviados por oxidación Fenton. *Ingeniería e Investigación*, 30(1), 80-85.
- Mendez Novelo, R. I., Medina Hernandez, E., & Quintal Franco, C. (2010). Tratamiento de lixiviados con carbón. *Ingeniería*, 6(3), 19-27.
- Méndez, P., & Gara, D. (2008). Extracción, caracterización de sustancias húmicas y su empleo en procesos fotoquímicos de interés ambiental. *Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Exactas Departamento de Química*, 44-64.
- Montañez P, A. L., & Uzcátegui, I. (2009). Utilización de la fibra de coco como sustituto del Amianto en los procesos industriales. *Revista ingeniería uc*, 16(2), 20-26.
- Moyeja Santana, J. d. (2007). Nutrición vegetal (II). *Instituto de investigaciones agropecuarias (IIAP)*, 8-13.

- Naturaland. (2011). Vermicompost un abono de alta calidad para mejorar la fertilidad del suelo. *Naturaland Internacionales*, 1-23.
- Novoa, M. A., Miranda, D., & Melgarejo, L. M. (2018). Efecto de las deficiencias y excesos de fósforo, potasio y boro en la fisiología y el crecimiento de plantas de aguacate (*Persea americana*, cv. Hass). *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 12(2), 293-307.
- Ochoa Martínez, E., Figueroa Viramontes, U., Cano Ríos, P., Preciado, R. P., & Moreno Reséndez, R. D. (2009). Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 15(3), 245-250.
- Ortega Haas, J. J., Pat Fernandez, J. M., Gomez Alvarez, R., & Acevedo, M. (2021). Vermicomposta en el crecimiento y nutrición de *Carludovica palmata* R. & P. en Campeche, México. *Terra Latinoamericana*, 38 (4), 883-893.
- Oviedo Ocaña, E. R., Marmolejo Rebellon, L. f., & Torres Lozado, P. (2017). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. Lecciones desde Colombia. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 18 (1),31-42.
- Pereira Morales, C. Á., Maycotte Morales, C. C., Restrepo, B. E., Francesco, M., Calle Montes, A., & Esther Velarde, M. J. (2011). sistemas de producción vegetal II. *Espacio Gráfico Comunicaciones S.A.*, 1(1), 23-28.
- Perez Bravo, Y. L., & Lamadrid Maldonado, L. J. (2014). Efecto del lixiviado de humus de lombriz sobre indicadores morfológicos en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). *Centro Agrícola*, 41(4), 33-37.
- Preciado Rangel, P., Garcia Hernandez, J. L., Segura Castruita, M. A., Ayala Garay, A. V., Esparza Rivera, J. R., & Troyo Dieguez, E. (2014). Efecto del lixiviado de vermicomposta en la producción hidropónica de maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 32(4), 333-338.

- Quintana Blanco, W. A., Pinzon Sandoval, E. H., & Torres, D. F. (2017). Efecto de un fosfato térmico sobre el crecimiento y producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv ica cerinza. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 51-59.
- Ramírez Gottfried, R. I., Puente Valenzuela, C. O., Chavez Simental, J. A., Espinosa Palomeque, B., García Carrillo, M., Roxana, G. E., & González Cervantes, G. (2021). Extracto de vermicompost como medio basal en la etapa de multiplicación y enraizamiento invitro de *Dasyilirion cedrosanum*. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-11.
- Ramírez, R., & Restrepo, T. (2007). Evaluación de la aplicación de abono tipo bocashi en las propiedades físicas de un suelo negro lado del municipio de Marinilla, Antioquia. *Proexant*, 2(1), 11-22.
- Reyes Alemán, M. d., Mora, O. f., & Morales Rosales, E. J. (2017). Influencia del magnesio y zinc en la altura de planta y verdor de hojas en *Lilium*. *Investigación y Ciencia*, 25(70), 31-37.
- Roman, P., Martinez, M. M., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor; FAO. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 2(1), 25-30.
- Rosales Serrano, L. A., Segura Castruita, M. Á., & González Cervantes, G. (2015). Influencia de los ácidos fúlvicos sobre la estabilidad de agregados y la raíz de melón en casa sombra. *Interciencia*, 40(5), 317-323.
- SAGARPA. (2014). ventajas y desventajas de la producción orgánica . México. *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*, 12.
- SAGARPA. (2017). Duplica México superficie de producción de alimentos orgánicos: SAGARPA. *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Recuperado el 06 de Octubre de 2021, de

<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/duplica-mexico-superficie-de-produccion-de-alimentos-organicos-sagarpa>

- SAGARPA. (2018). Elaboracion de composta. *Secretaria de Agricultura, Ganadera, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentacion*, 4-8.
- Schuldt, M. (2009). Potencial Biótico Lombrices Rojas Y Africana. *Estrucplan*, 6(2), 7-15.
- Schwentesi Rindermann, R., Gomez Cruz, M. A., Ortigoza Rufino, J., & Laura, G. t. (2014). México orgánico. Situación y perspectivas. *Agroecologia*, 9(1), 8-10.
- Shing, S. K., & Reddy, V. R. (2015). Response of carbon assimilation and chlorophyll fluorescence to soybean leaf phosphorus across CO₂: Alternative electron sink, nutrient efficiency and critical concentration. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 151(2), 276-284. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2015.08.021>
- SIAP. (2017). Producción Orgánica. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*, 24-30.
- Sztern, D., & Pravia, M. A. (2008). Manual para la elaboración de bases de compost conceptuales y procedimentales. *En línea*, 65. Recuperado el 15 de Octubre de 2021, de <http://www.ops.org.uy/pdf/compost/pdf>
- Vargas Machuca, R. N. (4 de junio de 2015). Vermicompostaje en el reciclado de residuos agroindustriales. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEZ-CSIC)*, 8(2), 1-12.
- Vasquez Vasquez, P. S. (2019). Efecto del Té de vermicompost y micorrizas en la productividad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo cubierta. *Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL*, 1.
- Velecela, S., Meza, V., García, S., Alegre, J., & Carlos, S. (2019). Vermicompost enriquecido con microorganismos benéficos bajo dos sistemas de producción

y sus efectos benéficos bajo dos sistemas de producción y sus efectos. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 229-239.

Villegas Cornelio, V. M., & Laines Canepa, J. R. (2017). Vermicompostaje: avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 393-406. doi:10.29312

Vogtmann, H., Fricke, K., & Turk, T. (2013). Quality, Physical Characteristics, Nutrient Content, Heavy Metals and Organic Chemicals in Biogenic Waste Compost. *Compost Science Utilization*, 69-87. doi:<https://doi.org/10.1080/1065657X.1993.10757906>

Zamora, K., Castro, L., Wang, A., Arauz, L. F., & Lidieth, U. (2017). Potential use of vermicompost leachates and tea in the control of the American leaf spot of coffee *Mycena citricolor*. *Agronomía Costarricense*, 41(1), 31-51. doi:<https://doi.org/10.15517/rac.v41i1.29747>