

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE GUASAVE



TESIS

*QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE*

FORMULACIÓN DE LIXIVIADO DE LOMBRIZ ADICIONADO CON QUITOSANO PARA SU EVALUACIÓN EN CULTIVO DE MAÍZ

PRESENTA:
ROBLES CASTRO JESÚS RAMÓN

DIRECTOR:
DR. ADALID GRACIANO OBESO

GUASAVE, SINALOA; FEBRERO DE 2025.

DEDICATORIA

A mi madre, Senaida Castro Pérez, faro inquebrantable en mi vida, quien con su amor, esfuerzo y sacrificio me ha enseñado a no rendirme, a luchar con valentía y a caminar siempre con dignidad. Gracias por cada consejo, por cada abrazo que ha sido refugio y por ser la raíz firme que me sostiene. A mi hijo, Ian Ramón Robles Beltrán, el mayor regalo de mi vida, mi motor y mi inspiración. Que cada uno de mis logros sea un reflejo del amor inmenso que siento por ti y un testimonio de que todo es posible cuando se lucha con el corazón.

A ambos, mi eterna gratitud y amor infinito. Sin ustedes, nada tendría sentido.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida y en mi formación. Su apoyo incondicional, compañía y aliento a lo largo de mi trayectoria académica han sido clave para alcanzar esta meta. Sin su amor y respaldo, este logro no habría sido posible. Agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Guasave (ITSG) por brindarme la oportunidad de formar parte de su comunidad estudiantil. Gracias por abrirme las puertas, por ofrecerme las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional y por ser el escenario donde pude crecer y prepararme para este momento tan importante. A mi profesor, el Dr. Adalid Graciano Obeso, le extiendo mi más sincero reconocimiento por compartir su conocimiento y guía a lo largo de la elaboración de mi tesis profesional. Su dedicación y enseñanzas han sido invaluableles en este proceso. También quiero agradecer a cada uno de los docentes que, con su compromiso y pasión por la enseñanza, hicieron de cada día académico una experiencia enriquecedora. Gracias por compartir su sabiduría y por dejar en nosotros aprendizajes que nos acompañarán en nuestro futuro profesional.

Este logro es el resultado de esfuerzo, dedicación y del apoyo de todas las personas que han formado parte de este camino. A todos, mi eterna gratitud.

ÍNDICE

Tabla de contenido.	Pág.
<i>DEDICATORIA</i>	<i>III</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>IV</i>
<i>RELACIÓN DE FIGURAS</i>	<i>VII</i>
<i>RELACIÓN DE TABLAS</i>	<i>VII</i>
<i>RELACIÓN DE ANEXOS</i>	<i>VII</i>
<i>GLOSARIO</i>	<i>IX</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>XI</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>XII</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>JUSTIFICACIÓN</i>	<i>3</i>
<i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i>	<i>5</i>
<i>ALCANCES Y LIMITACIONES</i>	<i>7</i>
<i>ANTECEDENTES</i>	<i>8</i>
<i>MARCO TEÓRICO</i>	<i>12</i>
<i>OBJETIVOS</i>	<i>22</i>
General	<i>22</i>
Específicos	<i>22</i>
<i>HIPÓTESIS</i>	<i>23</i>
<i>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</i>	<i>24</i>
<i>METODOLOGÍA</i>	<i>25</i>
Área de estudio	<i>25</i>

Tipos de investigación	26
Diseño experimental	29
Análisis estadístico	29
<i>RESULTADOS</i>	30
<i>CONCLUSIONES</i>	34
<i>RECOMENDACIONES</i>	35
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	36
<i>ANEXOS</i>	42

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1.-	Ubicación geográfica del municipio de Guasave, Sinaloa, México. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI.....	25
Figura 2.-	Ubicación del campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Fuente: tomado de Google Earth, 2025....	25
Figura 3.-	Altura de planta de maíz en los cuatro tratamientos.....	31
Figura 4.-	Porcentaje de humedad de granos de maíz en los cuatro tratamientos.....	32
Figura 5.-	Rendimiento en toneladas por hectárea de planta de maíz en los cuatro tratamientos.....	33

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1.-	Tratamientos evaluados en el experimento.....	29
Tabla 2.-	Promedios de resultados de variables evaluadas en maíz.....	30

RELACIÓN DE ANEXOS

Anexo 1.-	Proceso de producción de bioestimulante agroecológico elaborado a base de quitosano.....	42
Anexo 2.-	Instalación de sistema de riego del proceso de producción de bioestimulante.....	42
Anexo 3.-	Actividades de limpieza del área de producción.....	43
Anexo 4.-	Recolección de materiales para la producción de humus de lombriz en campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.....	43
Anexo 5.-	Híbrido de maíz evaluado durante el experimento.....	44

Anexo 6.-	Proceso de obtención de quitosano en laboratorio de Instituto Tecnológico Superior de Guasave.....	45
Anexo 7.-	Equipo de trabajo en el presente proyecto de investigación del Instituto Tecnológico Superior de Guasave en colaboración con la AARSP AC.....	46

GLOSARIO

Adición: Proceso de incorporar un componente adicional (en este caso, quitosano) a otra sustancia (lixiviado de lombriz) con el fin de mejorar sus propiedades o beneficios.

Bioestimulación: Proceso por el cual se mejora el crecimiento y desarrollo de las plantas mediante la aplicación de sustancias biológicas, como el quitosano, que estimulan procesos fisiológicos en las plantas.

Cultivo de Maíz: Práctica agrícola que consiste en el cultivo del maíz (*Zea mays*), un cereal importante a nivel mundial, utilizado tanto para la alimentación humana como animal, así como para la producción de biocombustibles.

Efecto Sinérgico: Interacción positiva que se produce cuando dos o más componentes (lixiviado de lombriz y quitosano) se combinan, resultando en un efecto mayor que el que cada uno podría tener por separado.

Ensayo agronómico: Estudio experimental que se realiza en condiciones controladas o en campo para evaluar el efecto de diferentes tratamientos sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas.

Evaluación: Proceso de análisis y medición del efecto o impacto del lixiviado de lombriz con quitosano en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz.

Fertilizante Orgánico: Producto natural que se utiliza para enriquecer el suelo con nutrientes y mejorar su estructura, promoviendo un crecimiento saludable de las plantas.

Lixiviado de Lombriz: Líquido nutritivo obtenido a partir del proceso de vermicompostaje, que contiene una mezcla de nutrientes, microorganismos y

sustancias orgánicas resultantes de la descomposición de materia orgánica por parte de lombrices.

Microorganismos: Organismos microscópicos, como bacterias y hongos, que juegan un papel crucial en la descomposición de materia orgánica y en la fertilidad del suelo.

Propiedades Físico-Químicas: Características del lixiviado y del quitosano que afectan su comportamiento en el suelo, como pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica y nutrientes disponibles.

Quitosano: Biopolímero derivado de la quitina, que se obtiene de la cáscara de crustáceos. Se utiliza en agricultura debido a sus propiedades antifúngicas, estimulantes del crecimiento y capacidad para mejorar la retención de agua en el suelo.

Rendimiento Agrícola: Cantidad de producto obtenido por unidad de superficie cultivada, en este caso, la cantidad de maíz cosechado tras la aplicación del lixiviado de lombriz y quitosano.

Retención de Agua: Capacidad del suelo o sustrato para mantener agua disponible para las plantas, un aspecto importante en el manejo de cultivos en condiciones de estrés hídrico.

Sostenibilidad: Capacidad de realizar prácticas agrícolas que sean ambientalmente responsables, económicamente viables y socialmente justas, con el fin de preservar los recursos naturales para futuras generaciones.

Vermicompostaje: Proceso de descomposición de materia orgánica que utiliza lombrices como agentes biológicos para convertir residuos orgánicos en un fertilizante rico en nutrientes.

RESUMEN

El uso excesivo de los fertilizantes químicos ha provocado un impacto negativo en los agroecosistemas, tal es el caso de la degradación y compactación de los suelos, pérdida de fertilidad, reducción de la biodiversidad y contaminación de las aguas subterráneas, lo cual afecta la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Una alternativa a esta problemática es la agricultura orgánica, cuyo objetivo es disminuir la aplicación de fertilizantes sintéticos a través de la adición de abonos orgánicos, estos influyen en varias respuestas fisiológicas de los cultivos, con ello se puede potencializar la calidad de las cosechas. Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue formular un abono orgánico a base de lixiviado de lombriz adicionado con quitosano para su evaluación en cultivo de maíz en la región de Guasave, Sinaloa. Para lograrlo, se estableció un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, como variables de respuesta fueron las variables agronómicas y el rendimiento del cultivo de maíz en cada uno de los tratamientos del experimento, los cuales se establecieron en base al porcentaje de quitosano mezclado con lixiviado de lombriz. Dentro de los resultados, se tiene que la adición de quitosano mezclado con lixiviado de lombriz tuvo un efecto sobre las variables agronómicas analizadas en cultivo de maíz, donde los cuatro tratamientos analizados mostraron diferencias significativas, el tratamiento cuatro donde se aplicó donde se aplicó 3% quitosano mezclado con 97% lixiviado de lombriz, fue el tratamiento donde se obtuvo un valor promedio de 12 toneladas por hectárea.

Palabras clave: lombriz, maíz, quitosano, rendimiento.

ABSTRACT

The excessive use of chemical fertilizers has caused a negative impact on agroecosystems, such as soil degradation and compaction, loss of fertility, reduction of biodiversity and contamination of groundwater, which affects the sustainability of agricultural systems. An alternative to this problem is organic agriculture, whose objective is to reduce the application of synthetic fertilizers through the addition of organic fertilizers, these influence various physiological responses of crops, thereby the quality of harvests can be enhanced. Due to the above, the objective of this research work was to formulate an organic fertilizer based on earthworm leachate added with chitosan for evaluation in corn crops in the Guasave region, Sinaloa. To achieve this, a completely randomized design (CRD) with three replications was established, as response variables were the agronomic variables and the corn crop yield in each of the treatments of the experiment, which were established based on the percentage of chitosan mixed with worm leachate. Within the results, it is found that the addition of chitosan mixed with worm leachate had an effect on the agronomic variables analyzed in corn cultivation, where the four treatments analyzed showed significant differences, treatment four where 3% chitosan mixed with 97% worm leachate was applied, was the treatment where an average value of 12 tons per hectare was obtained.

Key words: worm, corn, chitosan, yield.

INTRODUCCIÓN

El uso excesivo de los fertilizantes químicos ha provocado un impacto negativo en los agroecosistemas, tal es el caso de la degradación y compactación de los suelos, pérdida de fertilidad, reducción de la biodiversidad y contaminación de las aguas subterráneas, lo cual afecta la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Hernández et al., 2014). Una alternativa a esta problemática es la agricultura orgánica, cuyo objetivo es disminuir la aplicación de fertilizantes sintéticos a través de la adición de abonos orgánicos para la restauración de la nutrición del suelo (Ramos y Terry, 2014). Estos influyen en varias respuestas fisiológicas de los cultivos, con ello se puede potencializar la calidad de las cosechas. También minimizan el uso de fertilizantes químicos, aumentan la fertilidad del suelo y permiten la producción de cultivos sostenibles (Itelima et al., 2018).

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal o vegetal, de los cuales, las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos, que es el resultado de la descomposición ejercida por la acción de microorganismo y que se ve enriquecida con la producción de carbono orgánico, mejorando así, las características físicas, químicas y biológicas de los suelos (Trinidad, 2016). Las principales materias primas para la elaboración de estos abonos orgánicos son: gallinaza, pollaza, estiércol (vacuno, caprino y ovino), pulpa de café, restos de cultivos y tierra de bosque (Pérez et al., 2008).

Así mismo, el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial y es conocido por su alta demanda de nutrientes. La implementación de biofertilizantes como el lixiviado de lombriz adicionado con quitosano podría representar una alternativa viable para mejorar el rendimiento y la calidad del maíz, al tiempo que se promueve la sostenibilidad agrícola (Córdova-Téllez et al., 2020). El quitosano es un producto que se obtiene principalmente de subproductos de la industria pesquera, en especial del exosqueleto de los crustáceos, siendo un copolímero lineal formado por unidades de glucosamina y en menor medida de N-

acetil D-glucosamina unidos por enlaces β 1-4, el cual tiene una actividad bioestimulante en el crecimiento y rendimiento de las hortalizas (Ramírez et. al, 2010). Según Bittelli, Lury, Campbell y Nichols (2001) y Pichyangkura y Chadchawan (2015), indican que al aplicar quitosano hay presencia del cierre estomático en plantas, por lo cual muestra un impacto estimulante del aumento, señalando que administrar quitosano foliarmente al cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) reduce los efectos del estrés, lo que puede deberse a su efecto antitranspirante en la planta. Por otro lado, el quitosano, es un biopolímero que ha sido reconocido por su actividad antimicrobiana y capacidad de estimular mecanismos de defensa en las plantas, que las conducen a defenderse del ataque de patógenos provocando reducciones en la incidencia de enfermedades (Sathiyabama et al. 2014, El Guilli et al. 2016).

Por otro lado, Ramírez-Mandujano et al., (2016) mencionan que la fertilización foliar favorece al desarrollo, rendimiento y consecuentemente la calidad del producto además de corregir deficiencias de nutrimentos en las plantas, sin embargo, es importante que estos fertilizantes sean de fuentes orgánicas como alternativas más amigables con el medio ambiente, ya que en la actualidad se requiere cambiar la agricultura llamada convencional o moderna por una agricultura agroecológica (Burgo-Bencomo et al., 2018). Uno de los productos mas aplicados de manera foliar son los biofertilizantes y bioestimulantes (Reyes-Pérez et al., 2021) estos influyen también en varias respuestas fisiológicas de los cultivos, con ello se puede potencializar la calidad de las cosechas. También minimizan el uso de fertilizantes químicos, aumentan la fertilidad del suelo y permiten la producción de cultivos sostenibles (Itelima et al., 2018).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo de investigación fue formular un abono orgánico a base de lixiviado de lombriz adicionado con quitosano para su evaluación en cultivo de maíz en la región de Guasave, Sinaloa.

JUSTIFICACIÓN

La necesidad de obtener elevados rendimientos y competitividad crea alternativas para disminuir el consumo de productos químicos en los cultivos conlleva a buscar soluciones recomendables y sostenibles, para lo cual la agricultura con la utilización de productos naturales de estimulan el crecimiento y desarrollo de los cultivos está siendo tomada de gran importancia por sus resultados productivos, por lo que los bioestimulantes juegan un papel fundamental en el crecimiento, desarrollo, producción y calidad nutricional de los vegetales y frutos (Rodríguez & García, 2022).

Por lo que, los bioestimulantes en la agricultura, son cada vez más frecuente por la alta demanda nutricional de los cultivos de elevados rendimientos, bien sea para activar o retardar procesos fisiológicos específicos principalmente en el crecimiento (raíz, ápices foliares, yemas) o para contrarrestar demandas energéticas y lograr la finalidad deseada producción de raíces, hojas o frutos más ricos en proteínas y carbohidratos (López & García, 2020). Estas sustancias activas actúan sobre la fisiología de las plantas aumentando su desarrollo y mejoran su productividad en la calidad del fruto, contribuyendo a mejorar la resistencia de las especies vegetales, ante diversas enfermedades (Álvarez et.al. 2018).

La utilización de lixiviados de lombriz como fertilizante orgánico en la agricultura ha ganado atención en los últimos años debido a sus propiedades beneficiosas para el crecimiento de las plantas y la mejora de la calidad del suelo. Los lixiviados de lombriz son subproductos del proceso de vermicompostaje, que es conocido por su capacidad para transformar residuos orgánicos en un producto rico en nutrientes, microbiológicamente activo y con un alto contenido de humus (Bhat et al., 2017; Arancon et al., 2004). Estos lixiviados contienen una alta concentración de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, así como hormonas de crecimiento y microorganismos beneficiosos que pueden mejorar la salud del suelo y la productividad de los cultivos (Edwards & Burrows, 1988).

Por otro lado, el quitosano, un biopolímero derivado de la quitina, ha demostrado ser un promotor del crecimiento vegetal y un agente potenciador de la resistencia a enfermedades (Guan et al., 2019; Montalvo et al., 2021). Su capacidad para mejorar la disponibilidad de nutrientes, aumentar la retención de agua y actuar como un agente antimicrobiano lo convierte en un aditivo valioso para la formulación de fertilizantes orgánicos (Rinaudo, 2006). Además, el quitosano ha mostrado un efecto positivo en la germinación y el crecimiento de diversas especies de plantas, lo que sugiere que su incorporación en lixiviados de lombriz podría potenciar aún más los beneficios agronómicos de estos productos (Nadarajah et al., 2019).

La combinación de lixiviado de lombriz con quitosano no solo puede potenciar los efectos beneficiosos de ambos componentes, sino que también representa una estrategia sostenible para la agricultura. El uso de estos bioinsumos puede contribuir a la reducción de la dependencia de fertilizantes químicos, disminuir la contaminación ambiental y mejorar la salud del agroecosistema (González-Mendoza et al., 2017).

Con base en lo anterior, la formulación de lixiviado de lombriz adicionado con quitosano para su evaluación en el cultivo de maíz es una línea de investigación prometedora que puede contribuir a la sostenibilidad agrícola, mejorar la fertilidad del suelo y aumentar la productividad de los cultivos. La sinergia entre estos dos componentes puede ser clave para el desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción agrícola enfrenta desafíos significativos relacionados con la sostenibilidad y la necesidad de aumentar la productividad de los cultivos de manera responsable con el medio ambiente. En este contexto, el uso de fertilizantes orgánicos ha ganado relevancia como una alternativa que no solo mejora la calidad del suelo, sino que también promueve un enfoque más ecológico en la agricultura (Davis et al., 2016). Uno de los fertilizantes orgánicos más prometedores es el lixiviado de lombriz, un subproducto del proceso de vermicompostaje que contiene nutrientes esenciales y microorganismos benéficos (García et al., 2018).

El lixiviado de lombriz se ha utilizado ampliamente en diversas investigaciones debido a su capacidad para mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y fomentar el crecimiento de las plantas (Pérez-Murcia et al., 2015). Sin embargo, para maximizar su eficacia y estabilidad, es esencial considerar la formulación de este lixiviado y la posibilidad de incorporar otros aditivos que puedan potenciar sus propiedades. En este sentido, el quitosano, un biopolímero derivado de la quitina, ha demostrado ser un promotor del crecimiento vegetal y un agente biocontrolador, al mejorar la resistencia de las plantas a enfermedades y estrés (Bae et al., 2018).

Por otro lado, a pesar de los beneficios potenciales del uso combinado de lixiviado de lombriz y quitosano, se carece de estudios que evalúen sistemáticamente su formulación y su impacto en el cultivo de maíz (*Zea mays*), una de las principales fuentes de alimento a nivel mundial. La falta de información sobre cómo interactúan estos dos componentes en el contexto agrícola limita su aplicación práctica y su adopción por parte de los agricultores.

Por tanto, el presente estudio busca abordar esta brecha de conocimiento a través de la formulación de lixiviado de lombriz adicionado con quitosano, evaluando su efectividad en el cultivo de maíz. Se plantea investigar cómo esta combinación puede influir en el crecimiento, rendimiento y salud general de las plantas, así como su viabilidad como alternativa sostenible frente a fertilizantes químicos.

En la actualidad existe la necesidad de producir alimentos que además de ser cultivados de manera sostenible, sean inocuos, es decir que no causen ningún daño al consumidor, si no es inocuo, no es un alimento (FAO/OMS, 2021). Sin embargo, hay mucho por hacer debido a que se siguen usando cantidades excesivas de agroquímicos con altos niveles de toxicidad, que persisten mayor tiempo en el medio ambiente debido a su estabilidad química, lenta degradación y alta persistencia (Polanco-Rodríguez et al., 2019).

Por otro lado, hay gran diversidad de fertilizantes en el mercado de síntesis química, los cuales han perjudicado las características biológicas del suelo (Abreu et al., 2018), además de su elevado costo ocasionan problemas de contaminación de los suelos y agua (Paraba-Guzmán et al., 2021).

ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcances

- Los resultados podrían proporcionar recomendaciones prácticas para optimizar la fertilización en el cultivo de maíz en la región de Guasave, Sinaloa. Esto podría llevar a una mejora en la calidad y el rendimiento de la cosecha.
- Los agricultores y productores locales podrían beneficiarse de los resultados del estudio, ya que podrían adaptar sus prácticas de fertilización para obtener niveles óptimos de producción, lo que podría aumentar el valor comercial de sus productos.

Limitaciones

- La duración del proyecto podría ser limitada por restricciones financieras.
- La variabilidad climática en Guasave, Sinaloa, podría influir en los resultados del estudio. Las condiciones climáticas cambiantes podrían afectar la absorción de nutrientes y, por lo tanto, los niveles de fertilización en el maíz.
- Factores externos como enfermedades, plagas y cambios en el suelo, podrían afectar los resultados del estudio. Aunque se puede intentar controlar las condiciones de cultivo en un estudio, no siempre es posible lograr un control total sobre todos los aspectos del entorno; esto podría introducir cierta variabilidad no deseada en los resultados y podría requerir un diseño experimental cuidadoso.
- Los resultados obtenidos en Guasave, Sinaloa, podrían no ser directamente extrapolables a otras regiones debido a las diferencias en el clima, el suelo y las prácticas agrícolas.
- La relación entre la fertilización y el rendimiento es compleja y puede estar influenciada por múltiples factores.

ANTECEDENTES

Efecto de la aplicación de lixiviados de lombriz y ácidos húmicos en la producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* var. Annumm), 2018.

Esta investigación se realizó durante el 2017 en invernaderos de la Sociedad de Productores del Ejido Urireo SPR de RL. Se evaluó el efecto de la aplicación vía Drench de ácidos húmicos, lixiviado de lombriz y la combinación de estos dos, sobre el crecimiento y altura de planta, número de flores, botones y frutos, diámetro polar y ecuatorial, peso del fruto y producción final. Se estableció un diseño completamente al azar con arreglo en franjas comparativas y tres repeticiones. Los resultados mostraron que para crecimiento semanal no se encontraron diferencias entre tratamientos. El T3 sobresalió en altura de planta y número de frutos, registrando 225.2 cm de altura final y 4.7 frutos (Tukey $P>0.05$). En el número de flores no existieron diferencias, pero sí en el número de botones destacando T2=3.8 y T3=3.9. Con respecto al peso de fruto, diámetro polar y ecuatorial no se presentaron diferencias entre tratamientos exceptuando al testigo según la prueba de Tukey ($P>0.05$). En producción por m² destacaron los tratamientos de ácidos húmicos y combinado T2= 9.9 y T3=10.3 kg.m². Los resultados mostraron que la aplicación combinada de lixiviados de lombriz y los ácidos húmicos son una alternativa sustentable para complementar la nutrición del pimiento (Martínez-Scott & Ruiz-Hernández, 2018).

Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento, 2021.

La aplicación de biofertilizantes y bioestimulantes influyen en varias respuestas fisiológicas de los cultivos, con ello se puede potencializar la calidad de las cosechas. Por lo cual la utilización de dichos productos puede minimizar la fertilización sintética, al mismo tiempo de incrementar la tolerancia al estrés biótico en el agroecosistema. Este estudio fue desarrollado con el propósito de valorar el impacto del quitosano, hongos micorrízicos y ácidos húmicos en el crecimiento de

variedades de pimiento en condiciones protegidas. El método de prueba utilizado fue aleatorio en una factorial 2×4 con 3 réplicas, donde el primer factor fueron las variedades (Magaly y Lycal), y el segundo los bioestimulantes: ácidos húmicos (1:30 v/v), quitosano (3 g L⁻¹ de agua) y hongos micorrízicos (20 g de esporas ml⁻¹), y un testigo (control) por cada variedad (sin aplicación de bioactivos). Los resultados demostraron que los tres bioactivos estudiados incrementaron entre 11.66 y 16.67% la germinación de las semillas, mientras que la emergencia fue potenciada por los ácidos húmicos y quitosano. Por su parte los ácidos húmicos produjeron plantas de mayor altura a los 25 y 45 días después de la siembra (ddt), y tallos de mayor diámetro. Esto a su vez incrementó la biomasa fresca y seca de las plántulas (339.38 y 106.72 g), de la misma manera influyeron en el incremento de frutos por planta (15.33 frutos), longitud, diámetro y peso (12.22 cm, 43.33 mm y 92.22 g). Se generaron valores mayores en el rendimiento de la variedad Magaly con 29.16 Mg ha⁻¹. La variedad Magaly superó significativamente a la variedad Lycal en cuanto a germinación (96.67%), emergencia (95%), altura de plantas y diámetro del tallo (25 y 45 ddt).

Rendimiento de chile jalapeño con lixiviado de lombriz con dos métodos de riego, 2018.

El uso de lixiviado de lombriz para nutrir las plantas y el uso eficiente del agua en los cultivos es importante en la producción de alimentos. El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta de dos dosis de lixiviado de lombriz con dos métodos de riego en el rendimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) y algunas características químicas del suelo. El experimento se llevó a cabo en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez de Durango (UJED), México en el año 2013 y 2014. Las unidades experimentales fueron distribuidas al azar con cuatro repeticiones bajo un diseño de parcelas divididas, donde la parcela principal fue el método de riego, por goteo al 60% de la evaporación (EV) y superficial por surcos al 80% de EV, la subparcela fue la fertilización de 2400 y 4800 Lha⁻¹ de lixiviado de lombriz. Se encontró un rendimiento de fruto mayor con riego por goteo en ambos

años de estudio ($P < 0.05$). La lámina de agua aplicada en riego por goteo, al 60% de EV, fue de 60 cm en 2013 y 51 cm en 2014; en riego superficial, al 80% de EV, 78 cm en 2013 y 63 cm en 2014. El efecto de la fertilización en el rendimiento de fruto fue solo en el año 2014 con mayor producción con la aplicación de 4800 L ha^{-1} ($P < 0.05$). La materia orgánica en 2013 fue menor en el tratamiento de 4800 L ha^{-1} en 0-30 cm del suelo con 1.69 y 2% con 2400 L ha^{-1} y 1.84% en el tratamiento de fertilizante químico. A la profundidad de 30-60 cm en el año 2014 presento diferencia significativa en riego por goteo con 1.54% contra 1.71% del riego superficial ($P < 0.05$); el pH y conductividad eléctrica (CE) también en la misma profundidad y mismo año investigado presentaron diferencia significativa siendo más altos en riego por goteo ($P < 0.05$). El lixiviado de lombriz con riego por goteo redujo la evaporación ahorrando 15.22% de agua y la mayor frecuencia de riegos en el área radicular de la planta, generó un mayor rendimiento (Maraña-Santacruz, et. al., 2018).

Composición morfológica y rendimientos de maíces nativos sin uso de agroquímicos en Chiapas, México, 2023.

El objetivo de este estudio fue caracterizar morfológicamente cinco poblaciones de maíz nativo y estimar sus rendimientos, empleando prácticas agrícolas sin uso de agroquímicos. El estudio se realizó en el año 2021, en el municipio de Cintalapa, Chiapas, dentro del campo experimental del Centro Académico Regional de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Las cinco poblaciones de maíz nativo fueron proporcionadas por campesinos de diferentes regiones de la entidad, con previo consentimiento informado. Las prácticas agrícolas consistieron en uso de extractos vegetales y jabón potásico con extracto de neem (*Azadirachta indica*) para la prevención y combate de plagas. Para la fertilización se aplicó lixiviado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y guano de murciélago en su presentación comercial. Los caracteres morfológicos se evaluaron con un análisis estadístico descriptivo considerando: días de floración masculina y femenina, alturas de planta y mazorca, longitud y diámetro de la mazorca, y número de hileras por mazorca y

número de granos por hilera. El rendimiento de grano se estimó mediante el peso de la mazorca cosechada de una muestra aleatoria de 20 plantas por población. Se identificaron diferencias numéricas de las variables estudiadas, lo que demuestra una diversidad genética existente. Las poblaciones que presentaron mayores rendimientos fueron Campeón y Olotillo, con 5,37 y 4,4 ton ha⁻¹ ($\pm$ 1,24), respectivamente. Los datos aportan información para diseñar estrategias de conservación de maíces nativos con manejo libre de agroquímicos (Salinas et al 2023).

MARCO TEÓRICO

Lixiviado de lombriz

El lixiviado de lombriz es un líquido rico en nutrientes que se obtiene durante el proceso de vermicompostaje, cuando las lombrices de tierra (generalmente *Eisenia fetida*). El lixiviado de lombriz es conocido por ser un fertilizante natural y ecológico que promueve la salud del suelo, mejora su estructura, aumenta la retención de agua y reduce la necesidad de fertilizantes químicos (Domínguez, 2004). Además, contiene sustancias bioactivas como ácido húmico, aminoácidos, enzimas y fitohormonas, las cuales tienen un impacto positivo en el crecimiento vegetal (Elvira et al., 2000).

Quitosano

El quitosano es un biopolímero derivado de la quitina, un componente estructural de los exoesqueletos de los artrópodos, especialmente de los crustáceos como los camarones y los cangrejos. El quitosano se ha destacado por sus propiedades como biopolímero natural, su capacidad para ser biodegradable y no tóxico para el ambiente (Santos et al., 2011).

Entre sus propiedades, se encuentran la capacidad de formar películas, su actividad antimicrobiana, y su habilidad para mejorar la retención de nutrientes en el suelo (El-Sayed et al., 2011). Estas características hacen que el quitosano se utilice en la agricultura como un medio para mejorar la calidad del suelo, controlar plagas y enfermedades, y fomentar el crecimiento vegetal (Zhang et al., 2017).

Efectos del lixiviado de lombriz en el cultivo de maíz

El maíz es una planta altamente exigente en términos de nutrientes y su crecimiento depende en gran medida de la calidad del suelo y los fertilizantes utilizados. Los

lixiviados de lombriz han demostrado ser eficaces en la mejora del crecimiento y rendimiento de varios cultivos, incluido el maíz. Su aplicación aumenta la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio disponibles para las plantas, así como otros micronutrientes esenciales para su desarrollo (Sánchez y Sánchez, 2012).

Diversos estudios han demostrado que el lixiviado de lombriz mejora parámetros fisiológicos como la tasa de fotosíntesis, la biomasa, el contenido de clorofila y el rendimiento de los cultivos (Fujita et al., 2008). La adición de este lixiviado en el suelo también aumenta la actividad microbiana beneficiosa, lo que contribuye a una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas (Cortez et al., 2006).

Quitosano en la agricultura

El quitosano se utiliza en la agricultura principalmente para mejorar la salud del suelo y aumentar la eficiencia del uso de fertilizantes. Al ser un biopolímero natural, el quitosano actúa como un agente estabilizante de nutrientes y favorece la formación de estructuras de suelo que mejoran la retención de agua y la aireación (Arias et al., 2004). Además, su uso ha demostrado tener propiedades estimulantes sobre el crecimiento vegetal, a través de la modulación de la síntesis de hormonas como las auxinas y citoquininas (Pereira et al., 2012).

En cultivos de maíz, la aplicación de quitosano ha mostrado efectos positivos en la germinación, la resistencia a enfermedades y el rendimiento de las plantas (Arancon et al., 2004). Asimismo, se ha observado que el quitosano tiene propiedades antimicrobianas, lo que podría contribuir al control de patógenos que afectan a las raíces y hojas de las plantas de maíz (Joubert et al., 2014).

Sinergia del lixiviado de lombriz y el quitosano

La combinación del lixiviado de lombriz con el quitosano para su uso en cultivos agrícolas, particularmente en el maíz, se justifica por las posibles sinergias entre

ambos componentes. El lixiviado de lombriz aporta una amplia gama de nutrientes y microorganismos beneficiosos, mientras que el quitosano podría mejorar la retención de estos nutrientes en el suelo y fortalecer la resistencia de las plantas ante condiciones de estrés biótico y abiótico (García et al., 2013) . Además, la acción antimicrobiana del quitosano puede complementar la actividad benéfica de los microorganismos presentes en el lixiviado de lombriz, creando un ambiente más favorable para el crecimiento.

Evaluación del lixiviado de lombriz y quitosano en cultivo de maíz

La evaluación de la efectividad de esta mezcla en el cultivo de maíz se puede realizar a través de parámetros agronómicos como la germinación, la altura de las plantas, el número de hojas, el índice de área foliar, el contenido de clorofila y el rendimiento de grano (Sánchez et al., 2017). Además, es importante medir la calidad del suelo y la actividad microbiana antes y después de la aplicación para evaluar el impacto en la estructura y el suelo.

Estudios previos han demostrado que la combinación de lixiviado de lombriz y quitosano en la agricultura puede mejorar significativamente el rendimiento de cultivos de maíz, incluso en condiciones de bajo contenido de nutrientes (Velázquez et al., 2019). La interacción de ambos componentes promueve un desarrollo radicular más eficiente y aumenta la capacidad de la planta para aprovechar los nutrientes del suelo.

Bioestimulantes

Los bioestimulantes hacen referencia a un concepto muy amplio, ya que se tratan de sustancias y/o microorganismos cuya función estimular los procesos naturales que mejoran la absorción y asimilación de nutrientes, tratar el estrés abiótico o mejorar algunas de sus características agronómicas. El objetivo del uso de los bioestimulantes es conseguir cosechas de mejor calidad y dar solución a algunos

de los problemas más comunes de los cultivos, como falta de humedad, poca luz, desfases de temperatura, etc., lo cuales pueden provocar pérdidas en su valor comercial (Certis Europe, 2021).

Abonos orgánicos

En las últimas décadas, los productores redujeron la aplicación de abonos orgánicos a causa del inicio de una agricultura intensiva (López et al., 2001), hasta un punto en el que la aplicación de los inorgánicos se convirtió en un problema ambiental en gran parte del mundo (Butler et al., 2007). No obstante, el costo de los fertilizantes minerales obliga a la búsqueda y evaluación de alternativas para el manejo de la nutrición vegetal; dentro de los más destacados y de mayor acceso para los agricultores, está el reciclado de nutrimentos a partir de fuentes como el compostaje, el uso de estiércol de origen animal, los residuos de cosecha y otras fuentes propias de los sistemas productivos constituyen las materias primas del proceso (Terry y Ramos, 2014).

Es importante mencionar que los residuos de cosecha, son una de las fuentes más importantes para su uso en el compostaje, debido a los volúmenes de producción que se generan. Anualmente se produce una cantidad considerable de residuos de cosechas, pero sólo una cierta parte de esta producción es aprovechada directamente para la alimentación, tanto humana como animal, lo cual deja como resultado una gran cantidad de mal llamados desechos, los cuales se convierten en una fuente potencial de contaminación ambiental. En algunos casos, su manejo inadecuado y la falta de conciencia ambiental termina por generar problemas de contaminación (Villalba et al., 2011).

El aprovechamiento de estos residuos orgánicos cobra cada día mayor interés como medio eficiente de reciclaje racional de nutrimentos, que ayuda al crecimiento de las plantas y devuelven al suelo elementos extraídos durante el ciclo del cultivo.

Se entiende como abono orgánico al material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y, por tanto a las plantas que crecen en él (Ramos y Terry, 2014). La calidad del abono está relacionada con los materiales que la originan y con el proceso de elaboración, esta variación será tanto en contenido de nutrientes como de microorganismos (Sañudo et al., 2008), de igual forma el tipo de abono que se genere dependerá de los materiales que se tengan disponibles, así como la técnica que se realice; se pueden elaborar fermentados, harinas de rocas, abonos verdes, caldos minerales o lombrihumus como en este caso.

Humus de lombriz

El humus de lombriz se obtiene por la conocida técnica de la lombricultura que permite aprovechar y transformar los residuos sólidos orgánicos derivados de las actividades agrícolas, ganaderas, agroindustriales y urbanas, es decir, es el resultado de las transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufren los residuos sólidos orgánicos durante el proceso de ingestión y digestión de las lombrices de tierra, así como de los microorganismos asociados existentes en el tracto digestivo de estas (Vilches et al., 2008).

Esta técnica se diferencia del compostaje convencional porque el material orgánico, que puede o no ser compostado previamente, es procesado por el sistema digestivo de las lombrices, las cuales producen excreciones conocidas como deyecciones las lombrices fragmentan los desperdicios orgánicos, estimulan la actividad microbiana e incrementan las tasas de mineralización, convirtiéndolos rápidamente en sustancias similares al humus, con una estructura más fina que la de la composta, pero presenta una mayor y más diversa actividad microbiana (Gómez et al., 2011).

Debe destacarse que el cultivo de lombrices es capaz de transformar en corto tiempo y a bajo costo grandes cantidades de residuos biodegradables, el abono producido por éstas se ha incrementado en su uso, por ser una fuente de nutrientes

de lenta liberación en el suelo, lo que supone un considerable ahorro en la economía por uso de fertilizantes agrícolas y mano de obra, para garantizar el equilibrio necesario en las fases de fuerte demanda de la planta (Gómez et al., 2011).

Una de las principales características del humus de lombriz es que durante el procesamiento muchos de los nutrientes son cambiados a formas más disponibles para la asimilación por parte de las plantas, tales como el nitrógeno en forma nítrica o amoniacal, fósforo intercambiable, potasio soluble, calcio y magnesio, su acción quelante contribuye a disminuir los riesgos de carencias y favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes (Fe, Cu y Zn), eleva la CIC de los suelos al formar complejos arcilla-húmicos; por otra parte aumenta la fuerza de cohesión en suelos arenosos y la disminuye en arcillosos, mejora la capacidad de retención de agua, estimula el desarrollo de plantas, mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, disminuyendo la erosión producida por la escorrentía y eleva la capacidad tampón de los suelos y es una importante fuente de carbono para los microorganismos del suelo (Gómez et al., 2011).

Los excrementos de la lombriz, según Castaños (2009), tienen cinco veces más nitrógeno, siete veces más fósforo, cinco veces más potasio y dos veces más calcio que el material orgánico del que se alimentaron. Las lombrices pueden procesar cualquier tipo de material orgánico, pero su actividad es más efectiva si se alimentan de residuos de consistencia suave o cuando está a medio descomponer. De igual forma, la eficiencia depende del tipo de lombriz que se emplee.

Eisenia fetida y *E. andrei* son dos especies de lombrices estrechamente relacionadas y muy utilizadas para el reciclaje de residuos orgánicos mediante vermicompostaje, y también en estudios de ecotoxicología, fisiología y genética. Este uso tan extendido se debe a que son ubicuas con una distribución cosmopolita, con ciclos de vida cortos, un rango amplio de tolerancia tanto a la temperatura como a la humedad y un manejo relativamente sencillo (Domínguez, 2004). *Eisenia fetida* se corresponde con la forma rayada y presenta el área entre los segmentos sin

pigmentación o de color amarillo o pálido; de ahí, su nombre común de lombriz rayada o lombriz tigre. En contraste, *E. andrei*, la lombriz roja común, tiene la forma de color rojo uniforme. No se diferencian significativamente, aunque la tasa de crecimiento y producción de capullos es algo más alta en *E. andrei* que en *E. fétida* (Pérez y Domínguez, 2010). Este último punto es decisivo en la elección de lombrices para utilizarse en el lombricario, puesto que, al aumentar constantemente la población de lombrices, la producción de humus de lombriz es constante y acelerada, puntos esenciales en una cadena productiva.

La lombriz *Eisenia andrei* pertenece a las lombrices composteadoras que pueden permanecer en cautiverio y ser manejadas por el hombre. Se caracteriza por tener alta reproducción, tolerar altas y bajas temperaturas; ingiere diariamente una cantidad equivalente a su peso (1 gr en estado adulto), de la cual expele en forma de humus el 60% y el 40% restante lo utiliza para su sustento (Bandala, 2015).

Lixiviado de lombricomposta

El lombrihumus es el resultado de la biotransformación de materia orgánica (de origen animal y vegetal) a través del tubo digestivo de la lombriz, obteniendo un abono orgánico por excelencia la cual se utiliza como fertilizante natural y enmienda orgánica (Loza, 2011). Mientras que el lixiviado de lombrihumus es la fracción líquida que se obtiene del proceso, también se le conoce como lixiviados de composta, extractos de composta y té de composta y presenta como ventaja una densidad más uniforme (Uribe et al., 2012).

Los lixiviados de composta se producen directamente de las camas; es el líquido filtrado del agua por la irrigación constante de las camas donde se encuentran las lombrices la cual se infiltra, corre y es recolectada en contenedores. El mismo que contiene los desechos de la lombriz como purines (Bandala, 2015).

Se caracterizan por una coloración negruzca o tono marrón; la tonalidad del color puede variar dependiendo de la concentración de agua, es un líquido denso, rico en elementos nutritivos y contiene microorganismos benéficos. Los lixiviados han sido considerados, tradicionalmente, como un abono líquido orgánico, aunado a ello, están siendo utilizados para el control de plagas y enfermedades tanto en aspersión foliar como aplicado al sustrato, es decir, si se aplica de manera foliar reduce la actividad de insectos chupadores y crea un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos, bacterias y hongos que impiden el desarrollo de enfermedades por la gran abundancia y diversidad de microorganismos benéficos (Calzada, 2006).

Por lo que conduce de manera directa a la disminución de impactos ambientales y sociales generados, en especial, en el componente de disposición final, lo cual es competencia de la gestión y manejo ambiental (Uribe et al., 2012).

Aplicación de bioestimulantes foliares

La fertilización foliar es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la aplicación de nutrientes al suelo; esta práctica es reportada en la literatura en 1844, aunque su uso se inicia desde la época Babilónica. Bajo este sistema de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrimentos, algunos componentes de ésta participan en la absorción de los iones, corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto (Trinidad y Aguilar, 2000).

La aplicación de productos foliares es una herramienta importante para el manejo sostenible y productivo de los cultivos. La optimización de los tratamientos foliares no es posible sin una sólida comprensión de los principios físicos, químicos, biológicos y ambientales que rigen tanto la absorción como la utilización de los nutrientes aplicados mediante aspersiones. Es una estrategia de nutrición de

cultivos ampliamente utilizada y de creciente importancia a nivel mundial. Utilizándolos de manera adecuada, los productos foliares pueden ser más amigables con el medio ambiente por su acción inmediata y orientada al objetivo, ya que los nutrientes pueden ser aplicados directamente a los tejidos vegetales durante las etapas críticas del crecimiento de las plantas, son más eficaces que la nutrición al suelo, aunque a veces la respuesta de las plantas a estos tratamientos puede ser variable y muchos de los factores implicados en la eficacia de los productos foliares se desconocen a día de hoy (Fernández et al., 2015).

La hoja tiene una función específica, ser la fábrica de los carbohidratos, pero por sus características anatómicas presenta condiciones ventajosas para una incorporación inmediata de los nutrimentos a los fotosintatos y la translocación de éstos a los lugares de la planta de mayor demanda. La hoja es el órgano de la planta más importante para el aprovechamiento de los nutrimentos aplicados por aspersión, sin embargo, parece ser, que un nutrimento también puede penetrar a través del tallo, si éste no presenta una suberización o lignificación muy fuerte; tal es el caso de las ramas jóvenes o el tallo de las plantas en las primeras etapas de desarrollo. Las partes más importantes de una hoja del haz al envés es la cutícula, epidermis superior, parénquima de empalizada, parénquima esponjoso, tejido vascular (integrado por células perimetrales, xilema, floema y fibras esclerenquimatosas), epidermis inferior y cutícula inferior. Las hojas no son órganos especializados para la absorción de los nutrimentos como lo son las raíces, sin embargo, los estudios han demostrado que los nutrimentos en solución sí son absorbidos (Trinidad y Aguilar, 2000).

De acuerdo con Fernández et al. (2015), a grandes rasgos los procesos mediante los cuales una solución de nutrientes que se aplica al follaje de un cultivo es asimilada por las plantas incluyen: contacto con la hoja y adsorción a la superficie de la misma, penetración cuticular/estomática/a través de otras estructuras epidérmicas, absorción celular y penetración en los compartimentos celulares

metabólicamente activos en la hoja, y finalmente, en su caso, la translocación y la utilización de los nutrientes absorbidos por la planta.

El proceso de absorción de nutrimentos comienza con la aspersión de gotas muy finas sobre la superficie de la hoja de una solución acuosa que lleva un nutrimento o nutrimentos en cantidades convenientes; por último, los factores que influyen en la fertilización foliar pueden clasificarse en tres grupos: aquellos que corresponden a la planta, el ambiente y la formulación foliar. Dentro de los aspectos de la planta se analiza la función de la cutícula, los estomas y ectodesmos en la absorción foliar. En el ambiente: la temperatura, luz, humedad relativa y hora de aplicación. En la formulación foliar se analiza el pH de la solución, surfactantes y adherentes, presencia de sustancias activadoras, concentración de la solución, nutrimentos y el ion acompañante en la aspersión

OBJETIVOS

General

Evaluar un abono orgánico (lixiviado de lombriz roja californiana) adicionado con quitosano en variables agronómicas y rendimiento del cultivo de maíz en campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.

Específicos

1. Sintetizar partículas de quitosano a partir de cáscara de camarón obtenidas de empresas regionales de Guasave, Sinaloa.
2. Producir lixiviado de lombriz roja californiana a partir de lombricompostaje y lombriz roja californiana
3. Formular 4 tratamientos con porcentajes distintos de la mezcla de lixiviado de lombriz con quitosano.
4. Evaluar las formulaciones de abono orgánico en cultivo de maíz en distintos tratamientos establecidos en campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.

HIPÓTESIS

El lixiviado de lombriz producido a base de lombriz roja californiana mezclado con quitosano, permitirá tener un rendimiento en toneladas por hectárea en 10 % mayor en cultivo de maíz comparado con el tratamiento donde no se aplique la mezcla de lixiviado con quitosano en campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Será posible obtener un rendimiento en toneladas por hectárea en 10 % mayor en cultivo de maíz en un tratamiento donde se aplique el lixiviado de lombriz producido a base de lombriz roja californiana mezclado con quitosano, en comparación de un tratamiento donde no se aplique la mezcla?

METODOLOGÍA

Área de estudio

El municipio de Guasave está ubicado en la zona noroeste del Estado de Sinaloa, cuenta con una superficie de 2,935.60 kilómetros cuadrados, que representan el 5.1 por ciento de la superficie estatal y el 0.15 por ciento de la superficie nacional de esta superficie, más del 50 por ciento es utilizada para actividades agrícolas (Figura 1).

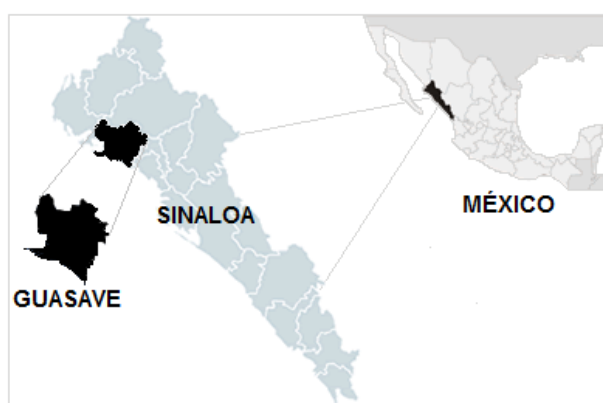


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Guasave, Sinaloa, México.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI.

Los ensayos se establecieron en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave, el cual tiene una extensión de 5 hectáreas y está ubicado en el ejido Burrioncito, Guasave, Sinaloa, entre las coordenadas 25° a 26° N, y 108° a 109° O (Figura 2).



Figura 2. Ubicación del campo experimental del Instituto Tecnológico Superior

Tipos de investigación

Se desarrolló una investigación cuantitativa, en la cual los datos se obtuvieron directamente en campo experimental con un muestreo de tipo aleatorio, el procesamiento de los datos se realizó con el programa Minitab 19, del cual se cuenta con licencia en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave, donde se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para identificar las diferencias entre los tratamientos del experimento y sus repeticiones. Las gráficas fueron diseñadas con el programa de libre acceso Sigma Plot 14 y Microsoft Excel.

Obtención de quitosano

La cáscara y cabeza de camarón serán sometidos a diferentes tratamientos físicos y químicos con la intención de obtener quitosano de alta calidad. Para esto las cáscaras de camarón (principalmente cabezas) serán sanitizadas, secadas por aire a 60 °C y serán trituradas y tamizadas para obtener un producto con tamaño de partícula uniforme. Después, el producto seco y tamizado será sometido a un proceso de limpieza de la proteína remanente del camarón por mezclar el producto con una solución de NaOH 3% en peso en una relación 1:6 de camarón:solución a 65 °C por 4 horas lavando el producto final a pH neutro. Después, se procederá a desmineralizar con una solución de HCl al 5% en peso (relación 1:6, cáscara:solución ácida), a 40 °C por 2 horas y se procede a lavar hasta pH neutro. La desacetilación, que es el punto más importante para la obtención de quitosano de alta calidad, se llevará a cabo por medio de exponer el producto (ahora quitina pura) después de la desmineralización, a una solución concentrada de NaOH (50% en peso) respetando la relación en peso, quitina:NaOH 50% en peso: agua destilada, 1:6 :2; esta mezcla se someterá a proceso térmico a 85 °C por 2 horas y se lavara el quitosano resultante hasta pH neutro.

El grado de desacetilación se obtendrá por valoración con HCl 1M y NaOH 1N siguiendo la evolución de la valoración por medio del uso de un potenciómetro.

Elaboración de lombricomposta

El humus se elaborará con estiércol de bovino y la adición de lombrices rojas (*Eisenia foetida*) durante tres meses, al término de los cuales se realizará una evaluación de los nutrientes que presenta: materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, relación C/N, nitrógeno inorgánico. El lixiviado de lombriz se elaborará a partir de una extracción de los materiales solubles del humus de la manera siguiente: se utilizará una relación de 200 litros de agua y 50 kg de humus al cual se le aplicará cal y se preparará la cantidad necesaria para la aplicación en el campo experimental. El lixiviado se dejará reposar 3 días agitando hasta para una mejor mezcla de los componentes, durante este proceso de disolución se adicionará ceniza como amortiguador de pH.

Evaluación de la inhibición bacteriana

La evaluación se realizará a partir de la preparación de discos de sensibilidad, los cuales se prepararán utilizando papel Wattman n.º 3 empleando un perforador convencional. Estos discos serán esterilizados en autoclave a 121 °C por 15 libras de presión por 15 minutos. Luego se procederá a agregar a cada uno de los discos 15 µl de las concentraciones de las formulaciones de lixiviado-quitosano, y se dejarán secar por espacio de 24 horas.

Para la prueba de sensibilidad se procederá a preparar el medio de cultivo en placas Petri para el desarrollo de las bacterias de interés, luego se incubará a los microorganismos a 37 °C por 18 a 24 horas para obtener cultivos jóvenes. Posteriormente, se preparará una suspensión de bacterias en agua peptonada al 0,1% con una concentración aproximada de 3 por 10 bacterias/mL, enseguida, se tomará de esta suspensión alícuotas de 100 ml, las cuales se colocarán en placas

Petri con agar Muller Hinton diseminándose por la superficie con una espátula de vidrio n.º 5. Sobre las siembras de los microorganismos se colocarán los discos de sensibilidad con las concentraciones de las formulaciones, luego se colocarán discos de sensibilidad estándar con ampicilina 1 µg para bacterias, se incubará a 37 °C por 18 a 24 horas. La lectura de la siembra se realizará con un medidor de halo antimicrobiano para prueba de susceptibilidad según el método KirbyBauer.

Aplicación en cultivo de maíz

El experimento se realizará bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se evaluarán 4 tratamientos; 1) testigo (sin tratamiento), 2) fertilizante químico, 3) lixivado de lombriz, 4) mezcla lixiviado de lombriz-quitosano. Las dimensiones de la unidad experimental serán de 6 x 12 m, 0,90 m de distancia entre surcos y 0,80 m entre plantas, con una densidad de siembra de 13,889 plantas ha⁻¹. Para la fertilización química se utilizará urea como fuente de nitrógeno, la cual se dividirá en dos aplicaciones: la mitad a 35 días después de la siembra y el resto a la floración. La técnica de aplicación fue la de surcos incorporados en la cercanía de la raíz, cubriéndolos con suelo debido a sus características fisicoquímicas como es la hidroscofia de la urea. Para la fertilización orgánica se utilizó lixiviado de lombriz. Se aplicarán con dosis de 5000 L/ha, es decir 360 mL de lixiviado por cada planta en la base de la misma, previo a la siembra.

Medición de las variables de crecimiento

Para la recolección de datos del crecimiento vegetal se tomarán al azar 5 plantas de maíz por unidad experimental, en las cuales se medirá: altura de planta, diámetro del tallo medido a la altura de pecho, número de hojas, número de plantas, peso fresco y seco del follaje y de la raíz. Estas mediciones se realizarán con instrumentos apropiados, especialmente para el diámetro del tallo, utilizando un vernier. Para la cuantificación de peso seco, las muestras serán colocadas en horno-estufa a una temperatura de 60° C durante 3 días. Los resultados se

registrarán en una base de datos para su posterior análisis estadístico mediante un análisis de varianza ($p < 0.05$) y prueba de comparación de medias, con el apoyo de un software estadístico.

Diseño experimental

Para el desarrollo de la investigación, se estableció un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, como variables de respuesta fueron el peso de grano y el peso de 1000 semillas de cada uno de los tratamientos del experimento, los cuales se establecieron en base al porcentaje de quitosano mezclado con lixiviado de lombriz (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos evaluados en el experimento.

Tratamiento	Mezcla quitosano con lixiviado
T1	Testigo
T2	1% Quitosano / 99% Lixiviado de lombriz
T3	2% Quitosano / 98% Lixiviado de lombriz
T4	3% Quitosano / 97% Lixiviado de lombriz

Análisis estadístico

Al tener los resultados de las variables evaluadas en los 4 tratamientos, para conocer si existe diferencia significativa en los tratamientos, se aplicó un ANOVA con un 95% de confianza y la diferencia entre medias se evaluó mediante la prueba de Tukey, esto utilizando el programa MINITAB 15, para las gráficas se utilizó el programa estadístico Sigma Plot versión 10.0.

RESULTADOS

Altura de planta (cm).

En la Tabla 1 y Fig. 3 se muestra que la mayor altura de planta de 303 cm se registró en el tratamiento 3 (3% Quitosano / 97% Lixiviado de lombriz) y la menor altura de planta de 291 cm se observó en el tratamiento 2 (1% Quitosano / 99% Lixiviado de lombriz). Sin embargo, de acuerdo a la prueba de Tukey al 95% hubo diferencia entre las medias de los diferentes tratamientos, la altura de planta obtenido en el tratamiento 3 es estadísticamente diferente a los tratamientos 1 y 2, entre los tratamientos 1, 2 y 4 los valores de altura de planta obtenidos fueron estadísticamente similares.

Tabla 2. Promedios de resultados de variables evaluadas en maíz.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Peso de grano (gr)	Peso 1000 semillas (gr)	Humedad (%)
Testigo	292 ± 2.45b*	150 ± 1.22b	6213 ± 123.21c	323.62 ± 58.23a	13.27 ± 0.42ab
1% Quitosano / 99% Lixiviado de lombriz	291 ± 2.85b	148 ± 1.64bc	9135 ± 214.76a	343.75 ± 74.43a	13.67 ± 0.53b
2% Quitosano / 98% Lixiviado de lombriz	297 ± 2.94ab	146 ± 2.01c	6570 ± 198.45c	296.67 ± 62.66b	13.63 ± 0.45a
3% Quitosano / 97% Lixiviado de lombriz	303 ± 3.01a	155 ± 1.90a	8290 ± 265.23b	296.08 ± 68.21b	13.53 ± 0.31a
Media	296	150	7552	315.03	13.28

*Medias seguidas de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey al 95%

.Altura de planta (cm)

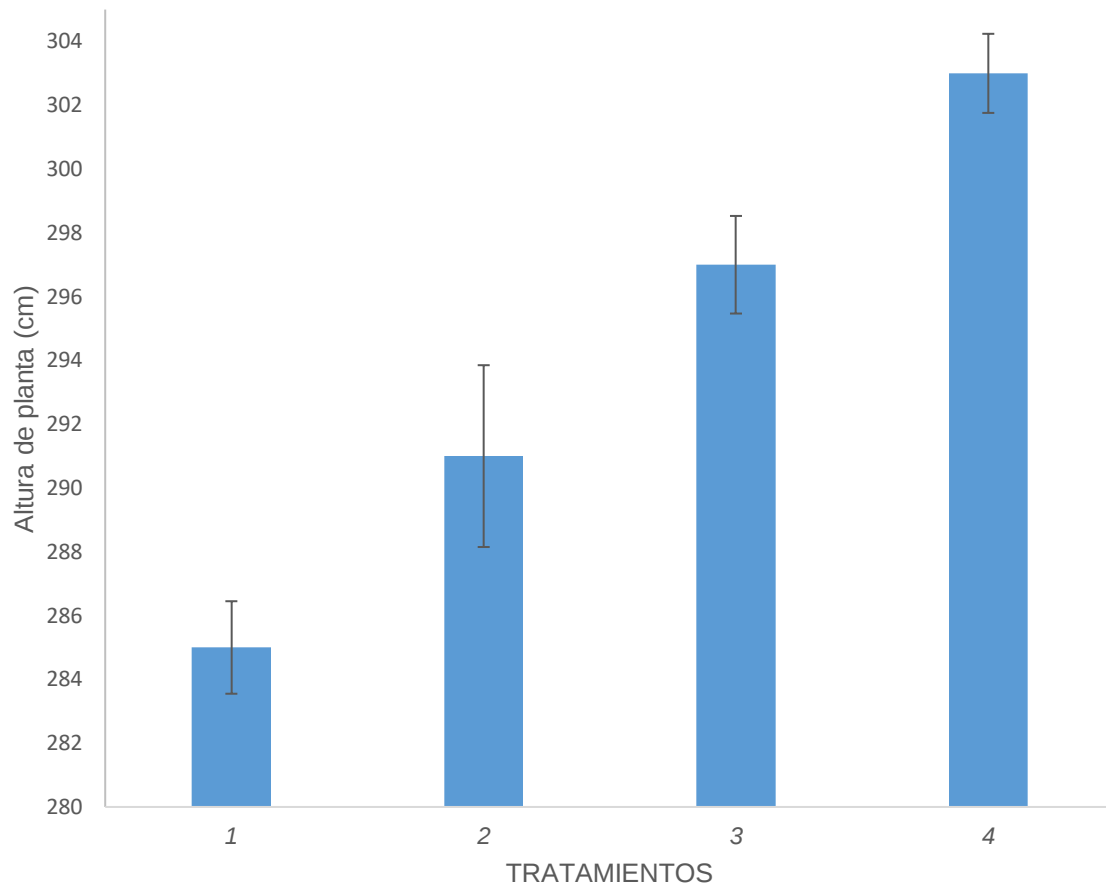


Figura 3. Altura de planta de maíz en los cuatro tratamientos.

En la Fig. 3 se tiene que los valores más altos de altura de planta se obtuvieron en el tratamiento 4, donde se aplicó 3% quitosano mezcldo con 97% lixiviado de lombriz, donde se obtuvo un valor promedio de 303 cm de altura de planta, mientras que en el tratamieto testigo, donde no se aplicó quitosano mexclado con lixiviado de lombriz, se obtuvo el valor más bajo, con 292 cm de altura de planta.

Humedad (%)

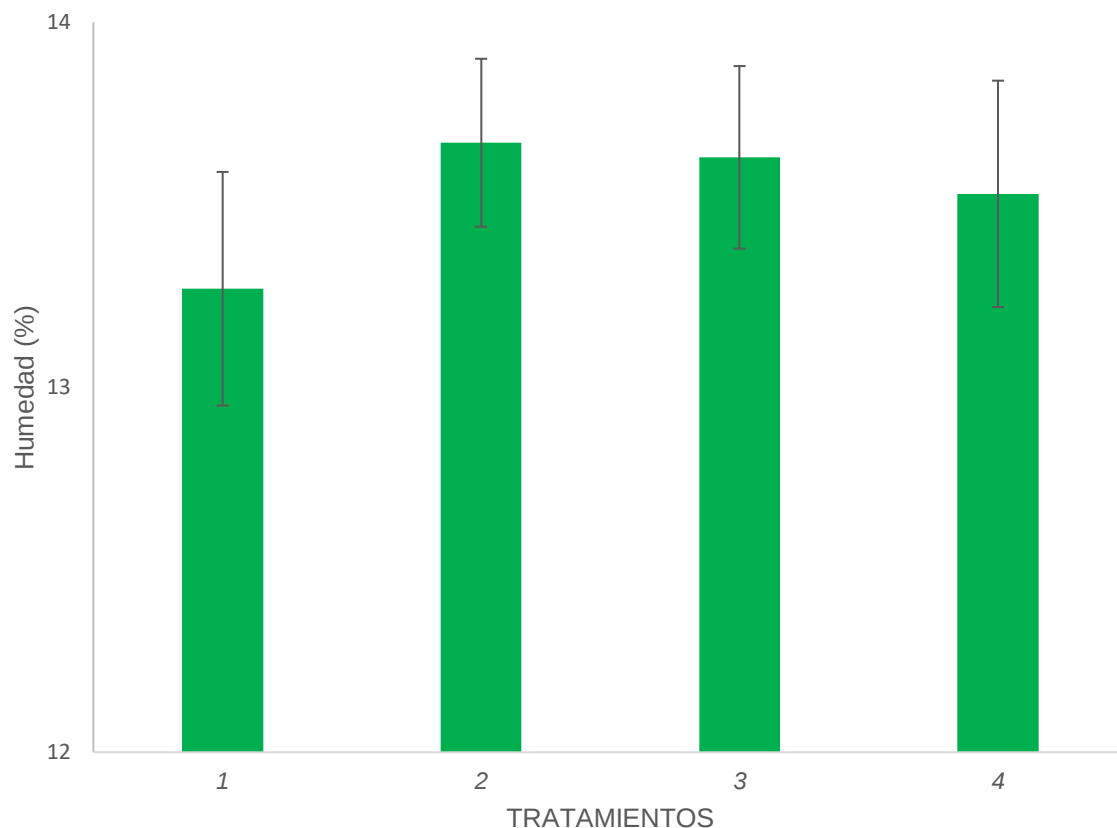


Figura 4. Porcentaje de humedad de granos de maíz en los cuatro tratamientos.

En la Fig. 4 se tiene que los valores más altos de humedad en granos de maíz se obtuvieron en el tratamiento 2, donde se aplicó 1% quitosano mezclado con 99% lixiviado de lombriz, donde se obtuvo un valor promedio de 13.67 % de humedad en granos de maíz, mientras que en el tratamiento testigo, donde no se aplicó quitosano mezclado con lixiviado de lombriz, se obtuvo el valor más bajo, con 13.27 % de humedad en granos de maíz.

Rendimiento (ton ha⁻¹)

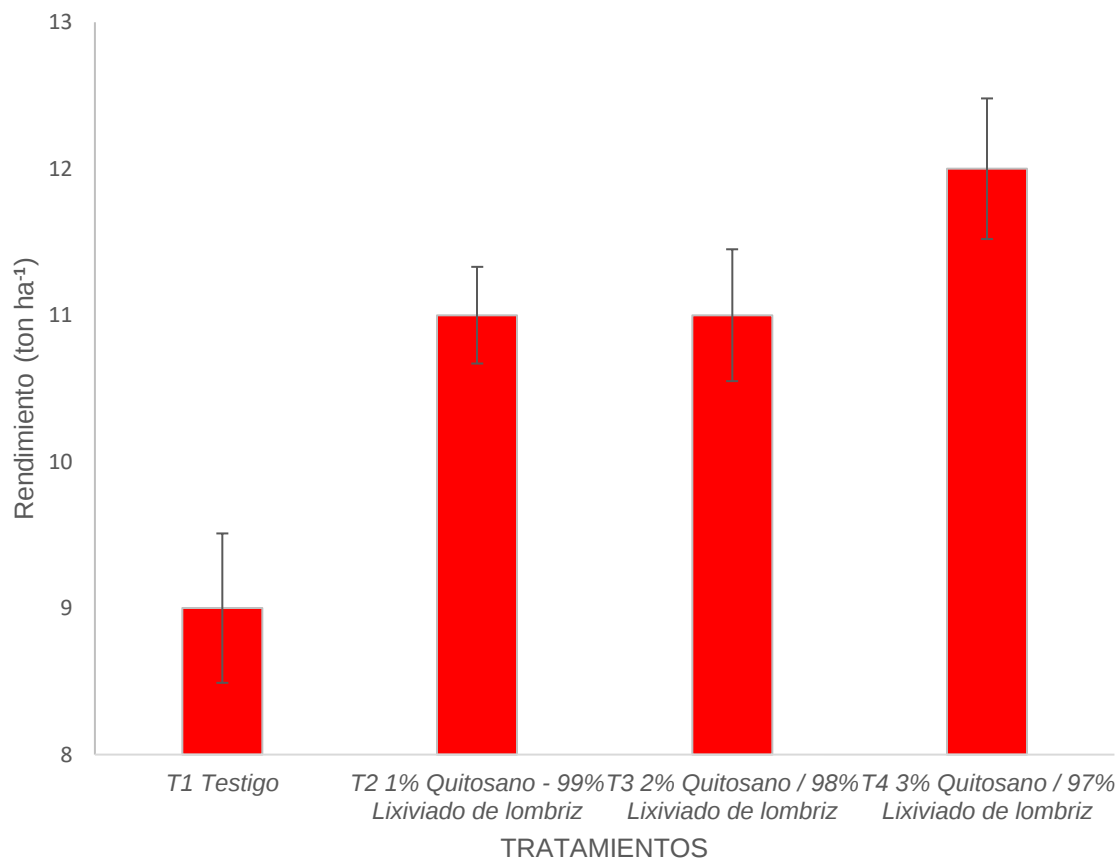


Figura 5. Rendimiento en toneladas por hectárea de planta de maíz en los cuatro tratamientos.

En la Fig. 5 se tiene que los valores más altos de altura de planta se obtuvieron en el tratamiento 4, donde se aplicó 3% quitosano mezcldo con 97% lixiviado de lombriz, donde se obtuvo un valor promedio de 12 toneladas por hectárea, mientras que en el tratamieto testigo, donde no se aplicó quitosano mexclado con lixiviado de lombriz, se obtuvo el valor más bajo, 9 toneladas por hectárea.

CONCLUSIONES

- La adición de quitosano mezclado con lixiviado de lombriz tuvo un efecto sobre las variables agronómicas analizadas en cultivo de maíz, donde los cuatro tratamientos analizados mostraron diferencias significativas, el tratamiento cuatro donde se aplicó donde se aplicó 3% quitosano mezclado con 97% lixiviado de lombriz, fue el tratamiento donde se obtuvo un valor promedio de 12 toneladas por hectárea, mientras que de igual manera los valores más altos de altura de planta se obtuvieron en el tratamiento 4, donde se aplicó 3% quitosano mezclado con 97% lixiviado de lombriz, donde se obtuvo un valor promedio de 303 cm de altura de planta, mientras que los valores más altos de humedad en granos de maíz se obtuvieron en el tratamiento 2, donde se aplicó 1% quitosano mezclado con 99% lixiviado de lombriz, donde se obtuvo un valor promedio de 13.67 % de humedad en granos de maíz.
- La formulación de lixiviado de lombriz adicionado con quitosano presenta un enfoque innovador para mejorar el rendimiento del cultivo de maíz, integrando soluciones biológicas y sostenibles. La revisión de la literatura muestra que tanto el lixiviado de lombriz como el quitosano poseen propiedades beneficiosas que, al combinarse, pueden ofrecer resultados positivos en la agricultura.
- Estos antecedentes pueden servir como una base sólida para desarrollar el tema y realizar una evaluación más profunda del impacto de esta formulación en el cultivo de maíz.

RECOMENDACIONES

- A los diferentes actores de generación del conocimiento en el área acuícola y agrícola, que se divulgue el conocimiento adquirido en las investigaciones para informar a la población que existen alternativas de fertilización orgánica que podrían disminuir los costos de producción a los productores agrícolas y los productores acuícolas vender sus subproductos como la cáscara del camarón.
- Al gobierno y sus respectivas dependencias, que consideren la iniciativa de apoyar a los productores acuícolas y agrícolas de la región de Guasave, Sinaloa que elaboran fertilizantes orgánicos a base de derivados de la acuicultura y la agricultura.
- A los productores agrícolas de la región de Guasave, que busquen alternativas de financiamiento que ofrece el gobierno el estado de Sinaloa para la producción de fertilizantes orgánicos.
- Realizar investigaciones donde se analicen subproductos derivados de actividades como la acuicultura, ganadería y agricultura, como en la producción de biofertilizantes.
- Evaluar los rendimientos del cultivo de maíz con distintas dosis de fertilizante orgánicos elaborado a base de quitosano, con el objetivo de generar datos que nos permitan realizar una correlación y con ellos determinar un modelo de predicción del rendimiento del cultivo de maíz en la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad B., M., P. Noguera M., y C. B. Carrión. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: Urrestarazu, M. G. (ed). Tratado de Cultivo sin Suelo. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp: 113-158.
- Abreu, E., Araujo, E., Rodríguez, S., Valdivia, A., Fuentes, L., & Pérez, Y. (2018). Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annum*. Centro Agrícola, 45(1), 52–61. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852018000100007&script=sci_arttext&tlng=pt
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Lee, S., Byrne, R. (2006). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. Eur J Soil Biol 42:65-69.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., & Metzger, J. D. (2004). Influences of vermicomposts on plant growth and disease. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(11), 1893-1904.
- Bae, H., Park, J., & Kim, J. (2018). Chitosan as a Biostimulant for Enhancing Plant Growth and Resistance against Stress. *Agronomy*, 8(10), 193. doi:10.3390/agronomy8100193.
- Burgo-Bencomo, O. B., López Fernández, R., Izquierdo Vera, R., Juca Maldonado, F., García Saltos, M. B., & Capa Benítez, L. (2018). Estudio experimental en el uso del fertilizante orgánico y el químico. *Espacios*, 39, 9–9. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n09/18390909.html>
- Butler D. M. Ranells N. M. Franklin D. H. Poore M. H. y Green J. T. (2007). Ground cover impacts on nitrogen export from matured riparian pasture. *Journal of Environmental Quality*. 36: 155-162.
- Córdova-Téllez, E. J., Ramos-Ruiz, J. M., & González-Mendoza, D. (2020). Efecto del uso de biofertilizantes en el rendimiento y calidad del maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(5), 1121-1134.

- Cooper, L. y Abi-Ghanem, R. (2017). El valor de las sustancias húmicas en el ciclo de vida del carbón de los cultivos: Ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, y más. Recuperado de: https://humagro.com/wpcontent/uploads/2017/08/The-Value-of-HumicSubstances-in-the-Carbon-Lifecycle-ofCrops_SP.pdf.
- Davis, A. S., Hill, J. E., & Tyndall, J. (2016). The Role of Organic Fertilizers in Sustainable Agriculture. *Sustainability*, 8(10), 1015. doi:10.3390/su8101015.
- Edwards, C. A., & Arancon, N. Q. (2004). *Vermiculture technology: Earthworms, organic waste and environmental management*. In *Earthworm Ecology* (pp. 327-358). CRC Press.
- El Guilli M, Hamza A, Clément C, Ibriz M, Ait Barka E (2016) Effectiveness of postharvest treatment with chitosan to control citrus green mold. *Agriculture* 6: 2-15.
- Eyheraguibel, B., Silvestre, J. and Morard, P. (2008). Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology*, Vol. 99 No. 10. pp. 4206-4212. ISSN 0960-8524.
- FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO/OMS. (2021). Guía para el día mundial de la inocuidad de los alimentos. Alimentos inocuos ahora para un mañana saludable.
- García, R., et al. (2018). Vermicompost and Its Effect on Soil Fertility and Crop Production. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(12), 11755-11763. doi:10.1007/s11356-018-1161-3.
- González-Mendoza, D., Córdova-Téllez, E. J., & Cárdenas-Rodríguez, J. M. (2017). Uso de biofertilizantes en la agricultura sostenible. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 57-70.
- Guan, Y., Zhang, Y., & Wang, Y. (2019). Effects of chitosan on seed germination and seedling growth of maize. *Journal of Plant Nutrition*, 42(4), 391-400.

- Hernández, T., Chocoano, C., Moreno, J. y García, C. (2014). Towards a more sustainable fertilization: Combined use of Compost and inorganic fertilization for tomato cultivation. *Agric. Ecosyst. Environ.* 196:178-184. Doi:10.1016/j.agee.2014.07. 00.
- Itelima, J. U., Bang, W. J., Onyimba, I. A., Sila, M. D., & Egbere, O. J. (2018). Bio-fertilizers as Key Player in Enhancing Soil Fertility and Crop Productivity: A Review. *Journal of Microbiology*, 2(1).
- Kumar, A., Kumar, S., & Singh, R. (2018). Vermicompost as a potential organic fertilizer: A review. *Journal of Organic Systems*, 13(2), 1-10.
- Legall, J., Zoyla, Y. D. (2018). Manual básico de lombricultura para condiciones tropicales, Disponible en: <http://cultivodelombrices>.
- López Martínez J. D. Díaz Estrada E. Martínez Rubin E. y Valdez Cepeda R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento de maíz. *Terra*. 19: 293-299.
- Maraña Santacruz, José Ángel, Castellanos Pérez, Edmundo, Vázquez Vázquez, Cirilo, Martínez Ríos, Juan José, Trejo Escareño, Héctor Idilio, Gallegos Robles, Miguel Ángel, & Orona Castillo, Ignacio. (2018). Rendimiento de chile jalapeño con lixiviado de lombriz con dos métodos de riego. *Terra Latinoamericana*, 36(4), 345-354. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i4.253>
- Martínez-Scott, Marcia Maribel & Ruiz-Hernández, Jovany. Efecto de la aplicación de lixiviados de lombriz y ácidos húmicos en la producción de pimiento morrón (*Capsicum annum* var. Annumm). *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*. 2018, 5-15: 19-24.
- Montalvo, S. M., Rojas, D. L., & Carrillo, A. M. (2021). Chitosan as a natural biopolymer for plant growth promotion: A review. *Agricultural Sciences*, 12(3), 263-277.

- Nadarajah, K., Ameer, A. F., & Mohd Noh, M. F. (2019). Effects of chitosan on plant growth and nutrient uptake in plants: A review. *Sustainable Agriculture Reviews*, 36, 233-269.
- Pérez-Murcia, M. D., et al. (2015). The Use of Worm Leachate in Organic Agriculture: Effects on Soil and Crop Growth. *Agricultural Sciences*, 6(5), 473-480. doi:10.4236/as.2015.65047.
- Pérez. A., Céspedes. C. y Núñez. P. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*. ISSN 0718-279. Recuperado de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000300002.
- Quintero, E., Calero, A., Pérez, Y., & Enríquez, L. (2018). Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. *Centro Agrícola*, 45(3), 73-80
- Ramírez-Mandujano, C. A., Esquivel-Paz, G., Gudiño-César, E., & J. P. Rojas-Murillo. (2016). Evaluación de fertilizantes foliares orgánicos e inorgánicos en zarzamora (*Rubus* sp.) cv. 'Tupi.' *Ciencia Nicolaita*, 67. <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/309>
- Ramírez, A., Rodríguez, A., Alfonso, L., & Peniche, C. (2010). Chitin and its derivatives as biopolymers with potential agricultural applications. *Biotecnología Aplicada*, 27(4), 270-276
- Ramos. D., Terry. E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*. ISSN: 0258-5936. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>.
- Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., Solórzano-Cedeño, A. E., Carballo-Méndez, F. J., Lucero-Vega, G. y Ruiz-Espinoza, F. H. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y

- desarrollo de pimiento. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-13. e833.
<https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.833>
- Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science*, 31(7), 603-632.
- Rodríguez-Fernández, P. A. (2017). Impacto del lixiviado de humus de lombriz sobre el crecimiento y productividad del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Ciencia en su PC*, No. 2, abril-junio, 2017, pp. 44-58.
- Salinas, Juan Carlos Caballero, Vidal, Hugo Adrián. Pizaña, Cabañas, Alma Amalia González, Ramos, Erasmo Núñez, Cruz, Fabian Aguilar, & Salinas, Emmanuel Ovando. (2023). Composición morfológica y rendimientos de maíces nativos sin uso de agroquímicos en Chiapas, México. *Siembra*, 10(2), e3997. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.3997>
- Sañudo Torres R. R. Félix Herrán J. A. Martínez Ruiz R. Rojo Martínez G. E. Olalde Portugal V. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*, num. eneroabril, pp. 57-67.
- Seguel-Fuentealba, A. (2014). El potencial de las micorrizas arbusculares en la agricultura desarrollada en zonas áridas y semiáridas. *Idesia*, 32(1), 3-8. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000100001>.
- Terry A. E. y Ramos A. D. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, num. Octubre-Diciembre, pp. 52-59.
- Trinidad. (2016). S. A. Abonos Orgánicos. Colegio de Postgraduados. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>.
- Veobides, H., Guridi, F., & Vázquez, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*, 39, 102-109.

- Vilches León E. E. Díaz Álvarez M. E. Mulet del Pozo Y. (2008). Determinación de algunas propiedades físico-mecánicas, químicas y biológicas del humus de lombriz en condiciones de la vaquería de la finca Guayabal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, num. Octubrediciembre. pp. 27-30.
- Villalba D. K. Holguín V. A. Acuña, J. A. y Varón R. P. (2011). Calidad bromatológica y organoléptica de ensilajes de residuos orgánicos del sistema de producción cafémusáceas. Revista Colombiana de Ciencia Animal, vol. 4, no. 1, pp. 48-49.

ANEXOS

Anexo 1. Proceso de producción de bioestimulante agroecológico elaborado a base de quitosano.



Anexo 2. Instalación de sistema de riego del proceso de producción de bioestimulante.



Anexo 3. Actividades de limpieza del área de producción.



Anexo 4. Recolección de materiales para la producción de humus de lombriz en campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave.

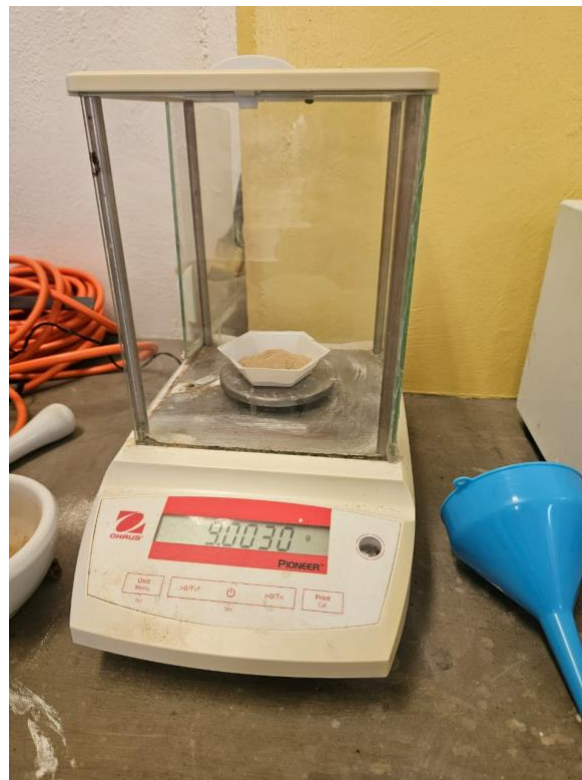




Anexo 5. Híbrido de maíz evaluado durante el experimento.



Anexo 6. Proceso de obtención de quitosano en laboratorio de Instituto Tecnológico Superior de Guasave.



Anexo 7. Equipo de trabajo en el presente proyecto de investigación del Instituto Tecnológico Superior de Guasave en colaboración con la AARSP AC.

