



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

INGENIERÍA EN AGRONOMÍA PARA LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE

TESIS

**Potencial de un biopreparado a base de fruta en el cultivo de chile
huacle**

Para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo para la Producción Sustentable

PRESENTA

Carlos Enrique Enciso Meneses

Director:

Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos

Codirectora:

Dra. Iridiam Hernández Soto

Asesores:

Dr. Antonio de Jesus Cenobio Galindo

Dr. Abraham Monteón Ojeda

M. en C. José Antonio Estefes Duarte

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hgo., México., octubre de 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Agropecuarias
Institute of Agricultural Sciences

Tulancingo de Bravo, Hidalgo., a 27 de octubre de 2025

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a él pasante de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable, **Carlos Enrique Enciso Meneses**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **"Potencial de un biopreparado a base de fruta en el cultivo de chile huacle"**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE	Dr. Abraham Monteón Ojeda
SECRETARIO	M. en C. José Antonio Estefes Duarte
VOCAL 1	Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos
VOCAL 2	Dra. Iridiam Hernández Soto
VOCAL 3	Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos
Coordinador de la Licenciatura en Ingeniería
en Agronomía Para La Producción
Sustentable



Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,
C.P. 43775. Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero,
Hidalgo, México.
Teléfono: 7717172000 Ext. 42000
pelaeza@uaeh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



2025



uaeh.edu.mx

Contenido

Resumen.....	1
1. Introducción	2
2. Antecedentes	4
3. Marco teórico.....	4
3.1 Chile huacle	4
3.2 Principales plagas y enfermedades	6
3.2.1 Picudo del chile (<i>Anthonomus eugenii</i>).....	6
3.2.2 Mosquita blanca (<i>Bemisia tabaci</i>).....	7
3.2.3 Pulgón (<i>Aphis gossypii</i>)	8
3.2.4 Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>).....	8
3.2.5 Minador de la hoja (<i>Liriomyza huidobrensis</i>)	9
3.2.6 Marchitez del chile (<i>Phytophthora capsici</i>)	10
3.2.7 Mancha foliar (<i>Alternaria solani</i>)	10
3.2.8 Virus mosaico del tabaco	11
3.2.9 Cenicilla oidio	11
3.3 Biopreparado en la producción de chile huacle.....	12
3.6. Agricultura orgánica	13
4. Justificación	14
5. Hipótesis.....	15
6. Objetivo general	15
6.1 Objetivos específicos.....	15
7. Material y métodos	16
7.1 Ubicación del área de estudio y establecimiento del cultivo.....	16
7.2 Obtención de la fruta y elaboración del biopreparado.....	17
7.3 Elaboración y aplicación de los tratamientos	18
7.4 Variables agronómicas	19
7.5 Análisis estadístico	20
8. Resultados	21
8.1 Variables agronómicas	21
9. Discusiones.....	24
10. Conclusión	26

11.	Referencias.....	27
-----	------------------	----

Índice de Figuras

Figura 1.	Chile huacle	6
Figura 2.	Picudo del chile	7
Figura 3.	Mosquita blanca	7
Figura 4.	Pulgón.....	8
Figura 5.	Trips	9
Figura 6.	Minador de la hoja	9
Figura 7.	Marchitez del chile	10
Figura 8.	Alternaria solani	10
Figura 9.	Virus del mosaico.....	11
Figura 10.	Cenicilla.....	11
Figura 11.	Compuestos bioactivos con potencial bioestimulante	13
Figura 12.	Ubicación	16
Figura 13.	Trasplante.....	17
Figura 14.	Biopreparado.....	18
Figura 15.	Aplicación del biopreparado.....	18
Figura 17.	Altura	20
Figura 18.	Diámetro.....	20
Figura 19.	SPAD	20
Figura 20.	A) Altura de la planta; B) Diámetro del tallo. Las barras representan el error estándar de la media. Significancia del análisis de varianza de medidas repetidas ($\alpha = 0.05$). Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de Hotteling ($\alpha = 0.05$) $n=10$ error estándar.	21
Figura 21.	A) Unidades SPAD; B) Peso fresco de la planta; C) Peso seco de la planta; D) Peso fresco del fruto; E) Peso seco del fruto. Las letras diferentes en las barras indican diferencias significativas según la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher ($\alpha = 0,05$); $n = 10$ error estándar.....	23

Índice de tablas

Tabla 1.	Biopreparados en la producción de chile	4
----------	---	---

Resumen

El presente estudio evaluó el efecto de un biopreparado elaborado a base de fruta (piña, plátano, papaya, naranja, tuna, betabel, papa y melaza) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del chile huacle cultivado en condiciones de vivero, se implementó un diseño al azar considerando 3 tratamientos: T1 (10 mL de biopreparado), T2 (20 mL de biopreparado) y control (solo agua). Se midieron variables agronómicas como la altura de planta, diámetro de tallo, contenido de clorofila, número de frutos, peso de fruto y peso final de la planta. Los resultados indicaron que T20 obtuvo un mayor incremento en cuanto al peso fresco 27.81% con respecto al control. Por otro lado, aunque las diferencias no fueron significativas el T10 si mostro un mejor comportamiento en la altura de la planta 1.3%; para el diámetro de tallo el mejor resultado fue T20 11.7% al igual que las unidades SPAD 0.90% esto comparado con el control. En el caso del peso fresco y seco de la planta se obtuvo un mejor resultado en T10 5.13% y 23.96% respectivamente. Este resultado sugiere el potencial del biopreparado a base de fruta en la producción de chile huacle para incrementar el rendimiento y la calidad de este.

Palabras clave: aminoácidos, biopreparado, cultivo, chile huacle, producción, rendimiento

1. Introducción

El chile huacle es el ingrediente principal de mole negro oaxaqueño, típico de la cocina mexicana y considerada patrimonio cultural de la humanidad (Urbina-Sánchez, 2020). Además, no sólo es un componente emblemático de la gastronomía regional, sino también un cultivo con alto potencial productivo. Desde tiempos ancestrales se desarrolla el cultivo en sus variedades negro amarillo y rojo, registrando a la cañada, Oaxaca como la única región en México donde se cultiva esta variante biológica. Actualmente, el chile huacle se produce en una superficie anual de aproximadamente 10 hectáreas, se cultiva en condiciones de campo abierto con riego por gravedad, en una superficie que oscila entre 5000 y 20,000 m² por productor (López, 2016). Sin embargo, el rendimiento puede verse limitado por factores como la degradación de suelos, deficiencias nutricionales, estrés ambiental y la incidencia de plagas y enfermedades (Aguilar et al., 2010). Así como desconocimiento de las necesidades nutrimentales del cultivo (Espinoza, 2011)

Estas problemáticas se agravan con el uso intensivo de agroquímicos, que, si bien ofrecen resultados inmediatos, generan impactos negativos en la salud humana, el ambiente y la sustentabilidad agrícola. Por ello, resulta necesario el desarrollo de prácticas alternativas que promuevan una agricultura más sostenible y resiliente (Olguin, 2024). Una de estas alternativas es la utilización de biopreparados, definidos como insumos elaborados a partir de materiales orgánicos de origen vegetal, animal o mineral, transformados por la acción de microorganismos benéficos (Toledo, 2016). Su aplicación en la agricultura ofrece múltiples beneficios: mejoran la salud del suelo al incrementar la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes (Santos-Díaz et al., 2025), actúan como bioestimulantes al contener compuestos secundarios que promueven el enraizamiento, la absorción de nutrientes y la resistencia frente a condiciones adversas, y permiten reducir la dependencia de fertilizantes químicos al aprovechar subproductos agrícolas de bajo costo.

Diversos estudios respaldan el potencial de los biopreparados en cultivos de *Capsicum annuum* L. Se ha demostrado que la aplicación de biofertilizantes microbianos mejora de manera significativa el número de frutos, el peso por fruto y el rendimiento total, evidenciando el potencial de los insumos biológicos en la productividad del cultivo (Gamboa-Ángulo et al., 2023). Con base en estos antecedentes, se consideró relevante evaluar un biopreparado a partir de frutas en el crecimiento, desarrollo y producción de chile huacle, contribuyendo a la sustentabilidad agrícola y a la reducción del impacto ambiental.

2. Antecedentes

En la tabla 1, se presentan algunos antecedentes sobre el uso de biopreparados y su aplicación en la producción de cultivos.

Tabla 1. Biopreparados en la producción de chile

Variedad / cultivar de <i>Capsicum</i>	Bioestimulante aplicado	Resultados principales	Referencia
<i>Capsicum annuum</i> 'Kristian' y <i>Capsicum chinense</i> 'Habanero Orange'	Biostimulantes comerciales basados en humato (Humix® y Energen)	Aumentaron rendimientos totales, número de frutos frescos, peso del fruto, contenidos de <i>capsaicina</i> y <i>dihidrocapsaicina</i> . El efecto dependió del genotipo y del momento de cosecha.	Mezeyová et al. (2024)
<i>Capsicum annuum</i> (hot pepper, variedad no especificada)	Extracto comercial de alga marina TAM®	Mejora significativa en rendimiento, contenido de antioxidantes, compuestos fenólicos, clorofila y parámetros nutricionales en comparación con el control NPK, especialmente con 0,5 % TAM.	Ashour et al. (2021)
<i>Capsicum annuum</i> (varias variedades de pimiento)	Biostimulantes comerciales: Tribus® Original (mezcla de bacterias), Vitazyme (contiene reguladores de crecimiento y vitaminas), C-Bio CPS (extracto de <i>Ascophyllum nodosum</i>)	No se afectó significativamente el rendimiento comercial, pero sí se mejoraron atributos de calidad del fruto (longitud, diámetro, color) en algunos cultivares, con respuestas dependientes de la variedad.	Arthur et al. (2022)

3. Marco teórico

3.1 Chile huacle

El chile huacle (*Capsicum annuum* L.) (Figura 1) es una variedad criolla endémica de la región de la Cañada, en el estado de Oaxaca, México, reconocida por su uso tradicional en la elaboración del mole negro, uno de los platillos más emblemáticos de la gastronomía mexicana. Su valor cultural y culinario lo ha convertido en un símbolo de identidad regional, siendo considerado un recurso fitogenético de gran relevancia (Bravo-Delgado et al., 2017; Galeote-Cid et al., 2022). A pesar de su relevancia cultural y económica, el cultivo del chile huacle enfrenta importantes desafíos agronómicos. Entre ellos destacan los bajos rendimientos, la pérdida progresiva del germoplasma nativo y la falta de estandarización en las prácticas de manejo, factores que limitan su competitividad y amenazan su conservación (Galeote-Cid et al., 2022). En condiciones de producción tradicional, los

rendimientos reportados de fruto deshidratado apenas alcanzan alrededor de 1.2 Mg ha⁻¹, cifra que refleja las restricciones productivas de los sistemas actuales (Galeote-Cid et al., 2022).

El ciclo productivo del huacle comprende las etapas de siembra en almácigos, trasplante, manejo del riego, fertilización y control fitosanitario, siendo cada fase determinante en el desarrollo y rendimiento final del cultivo. En este sentido, comprender sus requerimientos fisiológicos y nutricionales resulta clave para establecer estrategias de manejo más eficientes (Fajardo-Rebollar, 2021). Estudios recientes han aportado información relevante sobre el manejo nutrimental del huacle bajo condiciones controladas. Fajardo-Rebollar et al. (2022) evaluaron distintos regímenes de nutrición mineral y demostraron que la aplicación precisa de iones como NO₃⁻, H₂PO₄⁻ y K⁺ incrementó el área foliar, la materia seca en tallo, hoja y fruto, el número de frutos por planta y el rendimiento total de biomasa, alcanzando un 63.64% de frutos grandes (> 4 g). De manera similar, durante el ciclo otoño-invierno, un manejo nutrimental con 14 mEq L⁻¹ de NO₃⁻ en la fase vegetativa, 10 : 0.75 : 9.25 mEq L⁻¹ de NO₃⁻ : H₂PO₄⁻ : SO₄²⁻ en la fase reproductiva y 12 : 7 mEq L⁻¹ de NO₃⁻ : K⁺ en fructificación, mejoró significativamente la acumulación de materia seca en frutos y la proporción de frutos de mayor tamaño (Villegas, 2022).

Estos hallazgos muestran que un manejo agronómico eficiente del chile huacle debe integrar un enfoque sistémico que contemple la nutrición balanceada según la fenología del cultivo (Ortiz, 2023). En este contexto, la incorporación de biopreparados surge como una alternativa sustentable complementaria, capaz de mejorar la fertilidad del suelo, estimular el desarrollo radicular, optimizar la disponibilidad de nutrientes y reducir el uso de agroquímicos sintéticos. Su implementación puede representar una estrategia clave para fortalecer la productividad y la conservación del chile huacle, asegurando la continuidad de este recurso agrícola y cultural de México (San juan, 2022).



Figura 1. Chile huacle

3.2 Principales plagas y enfermedades

El cultivo de chile huacle se enfrenta con diversas limitantes para su producción y una de ellas es la limitante fitosanitaria que afecta tanto la calidad como la producción. Entre las plagas más comunes se encuentran los siguientes.

3.2.1 Picudo del chile (*Anthonomus eugenii*)

El picudo del chile (Figura 2) es una de las plagas de insectos más importantes de este cultivo, especialmente durante las etapas de floración y fructificación. La larva de este insecto reduce drásticamente el número de frutos, causando caída

temprana, maduración prematura y deformación de los frutos, que en conjunto pueden reducir la cosecha en un 90% (Espinosa, 2011).

Clasificación taxonómica:

Reino: Animalia

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Familia: Curculionidae

Género: Rhynchophorus



Figura 2. Picudo del chile

(Reyes, 2017)

3.2.2 Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)

La mosquita blanca (Figura 3) en el cultivo de chile daña la planta al succionar su savia, lo que provoca amarillamiento de hojas y enanismo, además de transmitir virus que deforman hojas y frutos. Es un insecto generalmente de 1 a 2 mm de largo, con un cuerpo amarillo pálido y alas blancas cubiertas de una sustancia cerosa. Su hábitat se encuentra en invernaderos y climas cálidos y húmedos, donde encuentra las condiciones ideales para reproducirse rápidamente.

Clasificación taxonómica:

- **Filo:** Arthropoda

- **Clase:** Insecta

- **Orden:** Hemiptera

- **Familia:** Aleyrodidae

- **Género:** Bemisia



Figura 3. Mosquita blanca

(Klehmkuhl, 2020)

3.2.3 Pulgón (*Aphis gossypii*)

Los áfidos llamados también comúnmente pulgones (Figura 4), son una superfamilia de insectos fitopatógenos. Poseen un tamaño entre 1-10 mm. Anatómicamente, su característica más relevante es la posesión de un estilete en su aparato bucal, estructura capaz de atravesar la epidermis de las plantas hasta llegar al floema. provocan un retraso en el crecimiento de las plantas huéspedes debido a su parasitismo; además, pueden transmitir agentes fitopatógenos, es decir, actúan como vectores

Clasificación taxonómica:

- **Orden:** Hemiptera
- **Clase:** Insecta
- **Reino:** Animalia
- **Filo:** Arthropoda



Figura 4. Pulgón

(Colaboradores, 2025)

3.2.4 Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Los Trips (Figura 5) son insectos de tamaño pequeño (1 - 6 mm), de forma cilíndrica, alargada y con el extremo posterior muy agudo. Estos nacen de huevecillos y pasan por dos fases inmaduras (ninfas) en las que se alimentan y por dos en las que no se alimentan (prepupa y pupa), para llegar luego al estado adulto. Algunos trips son depredadores benéficos de otros insectos y ácaros. Poseen aparato bucal asimétrico raedor - chupador con el cual raen y laceran la superficie del vegetal y luego succionan. El ciclo biológico es de 15 a 18 días en *Thrips tabaci*, depende

principalmente de la temperatura. Produce 11 a 12 generaciones por año. La longevidad va de un mes a un año

Clasificación Taxonómica:

- **Filo:** Arthropoda
- **Clase:** Insecta
- **Orden:** Thysanoptera
- **Familia:** Thripidae



Figura 5. Trips

(Acosta, 2022)

3.2.5 Minador de la hoja (*Liriomyza huidobrensis*)

El minador de la hoja del chile (Figura 6) es una plaga causada por larvas de moscas del género *Liriomyza*, que se alimentan del tejido de las hojas creando túneles o "minas", debilitando la planta y reduciendo el rendimiento y la calidad del cultivo.

Taxonomía del minador de la hoja:

- Reino:** Animalia
- Clase:** Insecta (o Hexapoda)
- Orden:** Diptera
- Familia:** Agromyzidae
- Género:** *Liriomyza*



Figura 6. Minador de la hoja

(Koppert)

3.2.6 Marchitez del chile (*Phytophthora capsici*)

Un hongo (Figura 7) que ocasiona daños hasta en el 80% de los campos alrededor de todo el territorio agrícola mexicano. Entre los síntomas que provoca están el marchitamiento leve de la planta al principio de la enfermedad para luego morir por completo una vez avanzada causa necrosamiento en forma de una coloración café oscuro en el tallo, en la parte del cuello se pueden apreciar a simple vista lesiones color verde amarillento que se tornan cafés, y en los frutos forma manchas acuosas color verde cubiertas por el micelio del hongo.



Figura 7. Marchitez del chile

(Koppert)

3.2.7 Mancha foliar (*Alternaria solani*)

Este hongo (Figura 8) ocasiona pequeñas lesiones circulares que primero se aprecian acuosas y luego se tornan de un color café oscuro con bordes amarillentos. Esta enfermedad puede llegar a provocar una defoliación severa, sobre todo en las hojas basales, lo que deja expuestos los frutos reduciendo su calidad e incluso manchando también el fruto.



Figura 8. *Alternaria solani*

(GmbH)

3.2.8 Virus mosaico del tabaco

Este virus (Figura 9) al igual que el virus mosaico del tomate produce grandes pérdidas en sembradíos. Sus síntomas son muchos y variados como lo es la aclaración y caída prematura de las hojas, crecimiento deficiente de la planta, clorosis, mosaicos, aborto de flores y frutos, necrosis de las yemas, y deformación de los frutos, los cuales resultan más pequeños que los de las plantas sanas, además de que maduran de manera irregular.



Figura 9. Virus del mosaico

(Cambiagro, 2024)

3.2.9 Cenicilla oidio

La cenicilla (Figura 10) en el cultivo de chile se manifiesta como un hongo que aparece como polvo blanco en las hojas, tallos y frutos, causando lesiones amarillentas que luego se vuelven marrones. Factores como la temperatura entre 15°C y 27°C y una humedad del 85% favorecen su desarrollo, que se propaga por el viento.



Figura 10. Cenicilla

(Reyes, 2017)

3.3 Biopreparado en la producción de chile huacle

Los biopreparados en la agricultura son sustancias y mezclas de origen natural que se usan para nutrir las plantas, controlar plagas y enfermedades, o mejorar las condiciones del suelo de manera ecológica y sustentable. Caracterizados por su bajo costo y con menor impacto ambiental que los químicos sintéticos, y se utilizan en diversas formas como purines, extractos o caldos, cada uno con una función específica en el manejo de los cultivos (UANL, 2020). Existen diversas investigaciones donde evalúan biopreparados en chile, aunque no específicamente en huacle. Sin embargo, los resultados muestran incrementos en el rendimiento, tamaño de fruto y resistencia al estrés. Un ejemplo de ello Mezeyová et al. (2020) que aplicaron hidrolizados húmicos en diferentes variedades de chile y registrando aumentos significativos en rendimiento y peso promedio de los frutos. Estos resultados evidencian que los biopreparados representan una herramienta valiosa para mejorar la productividad del cultivo de chile, aunque igual depende del compuesto, condición ambiental y dosis aplicada.

Los biopreparados han cobrado importancia como fuentes de compuestos bioactivos que estimulan el crecimiento y desarrollo de la planta. Estos productos suelen contener metabolitos como los flavonoides (Figura 11) saponinas, terpenos, alcaloides y péptidos que cumplen funciones de señalización en procesos fisiológicos y en la defensa contra el estrés (Ertani et al., 2013). Estos ayudan principalmente en la activación de enzimas antioxidantes y absorción de nutrientes. Su uso arroja buenos resultados en diversos cultivos, uno de ellos el chile aumentando el rendimiento, el tamaño de los frutos y la concentración de compuestos nutraceuticos (Caruso et al., 2019). Otra de las ventajas es que al ser

un producto orgánico este tiene un menor impacto ambiental que es algo de lo que actualmente se busca.

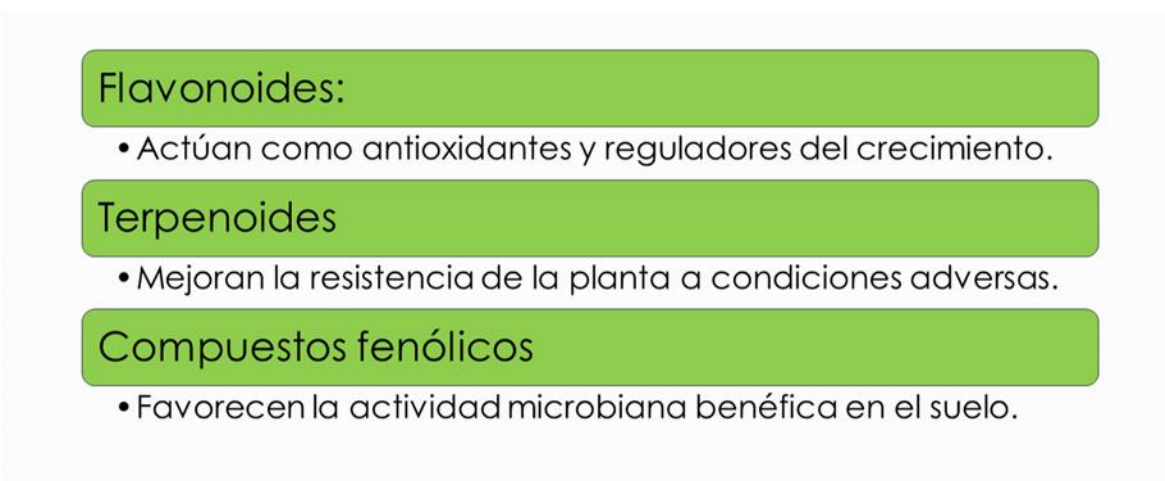


Figura 11. Compuestos bioactivos con potencial bioestimulante

3.6. Agricultura orgánica

La agricultura orgánica tiene principios que buscan mantener la salud del suelo, las personas y el ecosistema, tratando de evitar el uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos. Esto quiere decir que se promueve el uso de productos de obtención natural como compostas, microorganismos benéficos, extractos vegetales y bioestimulantes (IFOAM). El cultivo de chile huacle con una producción orgánica podría tener una oportunidad de acceder al mercado ya que actualmente su producción es muy baja debido a los altos costos que este genera por el uso principalmente de productos químicos.

4. Justificación

El cultivo del chile huacle es uno de los cultivos más importantes en Oaxaca. Sin embargo, enfrenta riesgos de extinción debido a la disminución de productores, las duras condiciones climáticas para su cultivo y el elevado precio que lo convierte en uno de los ingredientes más caros de la cocina mexicana (López, 2016). Esto solo en el estado de Oaxaca ya que fuera de ahí su producción es prácticamente nula. Para contrarrestar estas problemáticas se requiere de alternativas que ayuden a reducir sus costos de producción y por lo tanto de venta. El uso de un biopreparado natural puede contribuir ya que estos han mostrado desempeño favoreciendo el crecimiento y desarrollo del cultivo.

El uso de un biopreparado en este caso de fruta (Piña, plátano, papaya, naranja, tuna, betabel, papa y melaza) ricos en compuestos bioactivos como ácidos grasos insaturados, fenoles, flavonoides y fitoesteroles, así como aminoácidos que nos podrían dar una propiedad bioestimulante y biofertilizante. Sin embargo, al ser realizado con fruta de temporada no se tiene un estudio exacto de que es lo que este aporta y menos aún en su uso en chile huacle. Es por ello que esta investigación busca evaluar el comportamiento de un biopreparado a base de fruta en cuanto al rendimiento y calidad del chile huacle en condiciones controladas de vivero, con el propósito de contribuir con el desarrollo de alternativas que ayuden a reducir sus costos de producción y con ello además de evitar que se extinga por completo su producción también se pueda llevar a cabo su producción en lugares que no sean específicamente Oaxaca, aunque no realice en condiciones de vivero o invernadero hasta poder ver su comportamiento a cielo abierto en regiones fuera de Oaxaca.

5. Hipótesis

La aplicación de un biopreparado a base de frutas (Piña, plátano, papaya, naranja, tuna, betabel, papa y melaza) mejora el crecimiento y rendimiento del cultivo de chile huacle promoviendo un mayor desarrollo vegetativo y reproductivo, reflejado en parámetros agronómicos como altura de la planta, diámetro del tallo, contenido de clorofila, así como el peso y calidad del fruto además de la biomasa total de la planta.

6. Objetivo general

Determinar el efecto de un biopreparado a base de frutas sobre los parámetros de crecimiento y rendimiento del chile huacle (*Capsicum annuum* L. Merr.), con el propósito de identificar su potencial uso en la optimización de la producción agrícola local

6.1 Objetivos específicos

- I. Elaborar un biopreparado a base de frutas con potencial de uso agrícola, mediante procesos fermentativos, con el fin de obtener un producto con propiedades bioestimulantes aptas para su aplicación en el cultivo de chile huacle (*Capsicum annuum* L. Merr.).
- II. Determinar el efecto del biopreparado a base de frutas a través de su aplicación foliar y/o radicular en plantas de chile huacle, para identificar los cambios en los parámetros agronómicos de crecimiento, incluyendo altura de planta, diámetro del tallo y unidades SPAD, como indicadores del estado fisiológico del cultivo.
- III. Evaluar la influencia del biopreparado mediante el análisis comparativo de tratamientos experimentales, para establecer su impacto en las variables de rendimiento, particularmente en el peso y calidad de los frutos, con el propósito de valorar su potencial para mejorar la productividad del cultivo.

7. Material y métodos

7.1 Ubicación del área de estudio y establecimiento del cultivo

El estudio se llevó a cabo en el vivero experimental del Instituto de Ciencias Agropecuarias ubicado en Avenida Universidad Km. 1 s/n Exhacienda Aquetzalpa, 43600 Tulancingo, Hgo. ($20^{\circ}03'40''\text{N}$ $98^{\circ}23'00''\text{O}$ / 20.0610914, -98.3834492. (Figura 13). Se llevó a cabo en vivero para tener condiciones más controladas, se usaron bolsas de polietileno de 40x40 las cuales se llenaron con un peso igualado de 30 kg utilizando una báscula de plataforma (Modelo Rhino BAPCA-200) de suelo franco-arcilloso mismo que se obtuvo del Instituto de Ciencias Agropecuaria. Previamente se había germinado semilla de chile huacle en charolas de germinación en condiciones de vivero, posteriormente y una vez que alcanzaron una altura aproximada de 5 a 6 cm se llevó a cabo el trasplante a una planta por bolsa (Figura 12) Las labores incluyeron un deshierbe manual, así como un tutorado en etapas más adelante de igual manera se colocaron trampas cromáticas para el control de plagas, además de que se llevó a cabo la instalación de agribon tanto en la parte de arriba como en los costados del cultivo para la temporada de frío.

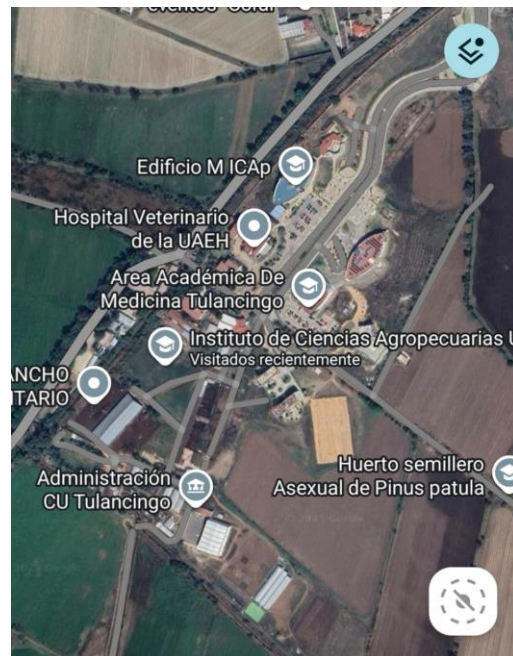


Figura 12. Ubicación



Figura 13. Trasplante

7.2 Obtención de la fruta y elaboración del biopreparado

La fruta que se utilizó para la elaboración de este biopreparado fue Piña, Plátano, Papaya, Naranja, Tuna, así como Betabel, Papa y Melaza y melaza. Después de que se obtuvieron todos estos componentes se procedió a lavar las frutas y cortarlas en trozos de 1 cm, sin pelarlas. Se colocó 5 kg de fruta en el fondo del recipiente (1 kg de cada fruta) y se agregó 5 litros de melaza, así como 2 kg de papa y 2 de betabel. Se colocó una tapa sobre la última capa de fruta poniendo encima una piedra para que el material se preñe y se fermente durante 8 a 10 días. Una vez concluido el período de fermentación se retiró la tapa y se filtró el material utilizando un colador y se colocó en un bidón de plástico de capacidad de 200 L ya puesto ahí se colocó en un lugar fresco, seco y a la sombra (Figura 14) donde se dejó fermentar la mezcla por un periodo de 50 días hasta que este presentara un aroma como ponche de fruta (Inifap).



Figura 14. Biopreparado

7.3 Elaboración y aplicación de los tratamientos

El experimento se estableció en un diseño completamente al azar (Figura 16). Los tratamientos consistieron en 2 concentraciones del biopreparado: T10 (10 mL) y T20 (20 mL) ambos combinados con 1 mL de adherente codadhex y un control testigo donde solo se le aplico agua. Cada tratamiento se aplicó a 10 plantas de chile huacle. La aplicación se realizó por vía foliar con el apoyo de un atomizador a partir del trasplante y hasta que la planta tenía una altura promedio de 30 cm. Cuando la planta supero los 30 cm si hizo uso de un aspensor manual para asegurar una mejor cobertura de esta (Figura 15).

En cada aplicación se administraron 100 mL de la solución por planta, se realizaron 4 aplicaciones en total con un intervalo de 15 días comenzando la primera desde el



Figura 15. Aplicación del biopreparado



Figura 16. Marco de plantación

trasplante para obtener una mejor evaluación del biopreparado y su comportamiento sobre el cultivo.

7.4 Variables agronómicas

Para evaluar el efecto de los tratamientos aplicados en el cultivo de chile huacle se midieron variables de crecimiento, desarrollo vegetativo y reproductivo, así como rendimiento del fruto. La altura se determinó desde la base del tallo a nivel de suelo hasta el ápice de crecimiento utilizando un flexo metro marca Milwaukee (modelo 48-22-6627) y capturada en centímetros (Figura 17) siguiendo los criterios de evaluación propuestos por (Hernández, 2025) El diámetro basal del tallo se registró en un vernier digital (modelo steren HER-411) (Figura 18). Las unidades (SPAD) se midió con un medidor portátil SPAD-502 en una hoja al azar de posición media, asegurando condiciones de luz homogéneas para evitar variaciones en la lectura (Figura 19). El medidor SPAD permite evaluar indirectamente y en forma no destructiva las unidades SPAD en la hoja. La concentración relativa de clorofila es medida por medio de la luz transmitida a través de la hoja por lo que el medidor de clorofila SPAD constituye una herramienta apropiada para el monitoreo de la disponibilidad de nitrógeno (Flores Vázquez y Jiménez Ramírez, 2023).

El peso del fruto se determinó utilizando una balanza analítica (Modelo PW 124, Adam Equipment, Reino Unido) pesando cada fruto individualmente tras la cosecha, posteriormente ingresados a la estufa de secado serie SL a 80 grados centígrados para su secado y toma del peso nuevamente en estado seco de igual manera con la misma balanza.

Finalmente, el peso final de la planta se obtuvo al finalizar la recolección del fruto, se extrajeron las plantas y se utilizó una balanza analítica (Modelo PW 124, Adam Equipment, Reino Unido) para obtener su peso, una vez hecho eso se procedió a su secado mediante la estufa serie SL a una temperatura de 80 grados centígrados y una nueva captura de pesos con la planta ya seca en la misma balanza analítica.



Figura 16. Altura



Figura 17. Diámetro



Figura 18. SPAD

7.5 Análisis estadístico

Para analizar las variables agronómicas altura y diámetro del tallo se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de medias de Hotteling ($\alpha = 0.05$), para el resto de las variables agronómicas se usó una prueba de LSD de Fisher ($\alpha = 0.05$). Todos los procedimientos estadísticos se realizaron utilizando el software Infostat 2020.

8. Resultados

8.1 Variables agronómicas

Un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de medias de Hotteling ($\alpha = 0.05$) mostraron un efecto no significativo de los tratamientos de investigación. Aun así, en el caso del tratamiento T20 presento mayor incremento en la altura de la planta para el día 45 con respecto al control (1.3%) y T10 (37.9%) por debajo del control (Figura 20A). Un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de medias de Hotteling ($\alpha = 0.05$) mostraron que no hubo una diferencia significativa, por lo menos hasta el día 45 en donde el tratamiento T20 (11.7%) mostro el mayor diámetro de tallo superando a el control y T10 (9.93%) igual supero al control, así mismo para el día 60 el tratamiento T10 tuvo un mejor comportamiento y aunque no existe una diferencia significativa si hubo una mejora en el diámetro del tallo en el caso de este tratamiento en comparación con T20 y el control sugiriendo una mayor acumulación de biomasa en el tallo (Figura 20B).

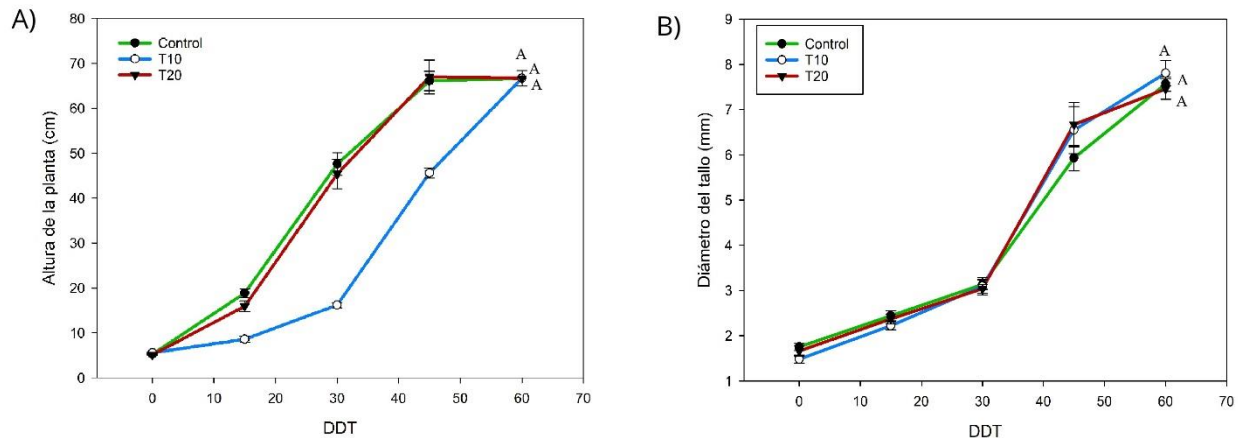


Figura 19. A) Altura de la planta; B) Diámetro del tallo. Las barras representan el error estándar de la media. Significancia del análisis de varianza de medidas repetidas ($\alpha = 0.05$). Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas según la prueba de Hotteling ($\alpha = 0.05$) $n=10$ error estándar.

Un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de medias Fisher ($\alpha = 0,05$), nos muestra una diferencia no significativa. En este caso T20 (0.90%) y Control tuvieron un comportamiento parecido, superando a T10 que tuvo (2.97%) por debajo del control. Lo que sugiere que el biopreparado no hace una diferencia significativa en cuanto a las unidades SPAD (Figura 21A). Un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de medias Fisher ($\alpha = 0,05$), nos muestra una diferencia no significativa en el peso fresco de la planta (Figura 21 B). T10 supero al control (5.13%) y T20 estuvo por debajo del control apenas con (0.27%). En el peso seco de la planta (Figura 21C) un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de medias Fisher ($\alpha = 0,05$) no arroja diferencias significativas principalmente entre T20 (0.81%) y el control que obtuvieron resultados casi a la par pero hubo una superación de peso por parte de T10 (23.96) lo que quiere decir que si tuvo un mejor desarrollo la planta ya que tanto en peso fresco como seco obtuvo un mejor resultado con respecto al tratamiento T20 y el control.

Un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher ($\alpha = 0,05$) mostro una diferencia significativa a favor del tratamiento T20 quien obtuvo resultados superiores (27.81%) sobre control y T10 (19.45%) sobre el control en cuanto al peso del fruto (Figura 21D) lo que nos indicaría que hubo un mejor desarrollo del fruto con la aplicación del tratamiento. Para el peso seco (Figura 21E) del fruto el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher ($\alpha = 0,05$) nos arroja una diferencia significativa a favor del tratamiento T10 (35.6%) sobre el control quien mostro un mejor comportamiento de su fruto cuando este ya se encuentra seco, lo que nos sugiere que la cantidad de biomasa y calidad del fruto fue mayor. En el caso del tratamiento T20 el cual también muestra una diferencia significativa sobre el control (24.75%) obtuvo una diferencia significativa sobre el control.

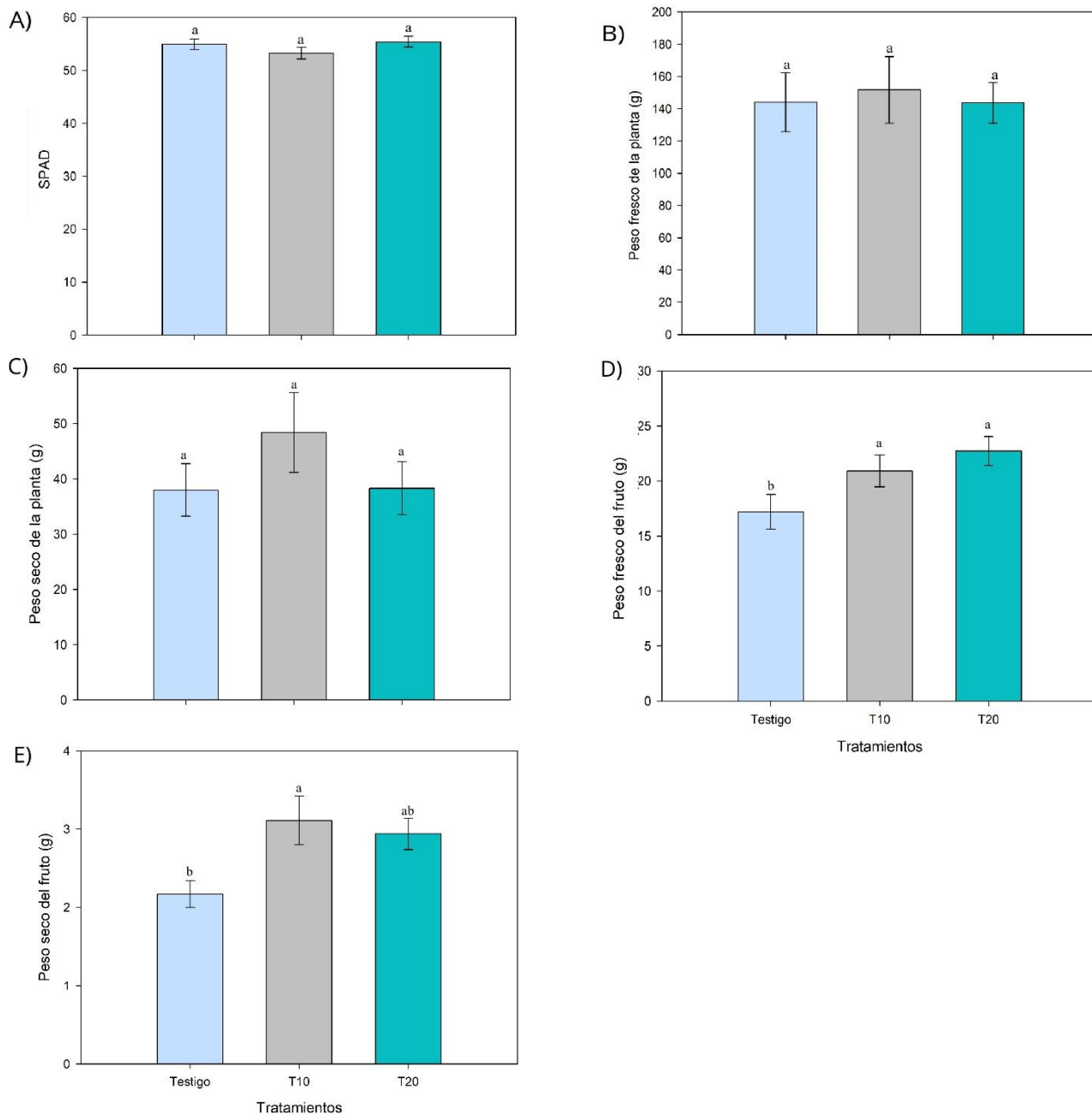


Figura 20. A) Unidades SPAD; B) Peso fresco de la planta; C) Peso seco de la planta; D) Peso fresco del fruto; E) Peso seco del fruto. Las letras diferentes en las barras indican diferencias significativas según la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher ($\alpha = 0,05$); $n = 10$ error estándar.

9. Discusiones

La aplicación del biopreparado de fruta promovió un resultado significativo principalmente en el peso fresco y seco del fruto, esto se puede atribuir principalmente a que las frutas aportan una buena cantidad de nutrientes, minerales, hormonas y microorganismos benéficos, los cuales actúan como bioestimulante y fertilizante en las plantas (Rodríguez-Hernández, 2020). La altura de la planta y el diámetro del tallo están directamente relacionados con la acumulación de biomasa y la actividad hormonal. Las auxinas, como el ácido indolacético (AIA), regulan el alargamiento celular en el tallo, promoviendo el crecimiento en altura (Taiz y Zeiger, 2015). Las citocininas, por otro lado, están involucradas en la división celular y la diferenciación de tejidos, lo que influye en el engrosamiento del tallo y la producción de nuevas hojas. Este equilibrio hormonal es esencial para una mayor producción de biomasa y un desarrollo óptimo de la estructura vegetal (Taiz y Zeiger, 2015).

El mayor peso del fruto tanto fresco como seco en este caso para T20 y T10 puede estar relacionado con una mayor eficiencia en la translocación de nutrientes y carbohidratos desde las hojas hacia los frutos. Además, los compuestos del biopreparado pueden haber favorecido un metabolismo, permitiendo un desarrollo óptimo del fruto (Parra-Lobato y Gómez-Jiménez, 2011). Estudios previos han demostrado que la aplicación de biopreparados incrementan la productividad y calidad del fruto al modular rutas como el metabolismo, transporte, ayudando a los procesos fisiológicos, así como el desarrollo de órganos de almacenamiento por lo tanto estos resultados coinciden con los obtenidos en el estudio realizado por (Penchovsky, 2023) que aplicaron extractos de algas en plantas de tabaco.

Los resultados reportados en esta investigación coinciden con lo reportado por (Pinto, 2024) donde se hizo uso de un té a base de frutas donde nos dice tiene la propiedad de aumentar el número de microorganismos en el suelo, además de aportar sustancias energéticas, vitaminas, aminoácidos, minerales y es rico en importantes macros y micros nutrientes; se obtiene mediante el proceso de fermentando de las frutas.

Tsedal (2004), sugiere que los cambios en la distribución de la materia seca bajo cargas excesivas de frutos se correlacionan con áreas foliares pequeñas. Esto señala que existe una competencia de asimilados entre hojas y frutos, por lo que se puede explicar el bajo índice de área foliar en las plantas con tratamientos orgánicos pero que expresaron una mejor calidad de fruto.

Los resultados reportados en esta investigación coinciden con lo reportado por esto también coincide con (Suquilanda, 2020) que menciona que la producción de abonos orgánicos como el té de frutas es una técnica utilizada para incrementar y mejorar la calidad de las cosechas en los cultivos de yuca, brócoli, frejol y lechuga. Su uso en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de plantas sirviendo como un enraizado, mejorar follaje, mayor floración, vigor y poder germinativo, así como aumento de cosecha. Jasso-Cantú et al., 2023 obtuvo resultados similares en donde los extractos vegetales de *Flourensia retinophylla*, *Flourensia microphylla* y *Rhycosperma muelleri*, promovió significativamente el crecimiento vegetativo, el rendimiento y la calidad del fruto de pimiento morrón (*Capsicum annuum*). Además (Quinde, 2019) señala que el abono de frutas presenta varias alternativas para su elaboración, por lo que es necesario la recolección de la fruta en el campo y transformarla en abonos orgánicos, siendo importante su aplicación en cultivos hortícolas para mejorar la producción y disminución de costos de producción.

10. Conclusión

La aplicación foliar del biopreparado a base de frutas representa una alternativa más accesible para mejorar principalmente el desarrollo y calidad de los frutos ya que tanto en el caso de peso fresco y peso seco hubo un mejor resultado en cuanto a los resultados obtenidos, de igual manera para el caso del peso de la planta se presentó una ligera diferencia positiva en el caso donde se utilizaba el biopreparado lo que nos sugiere que el biopreparado contiene aminoácido, así como metabolitos que promovieron una estimulación que mejoraron la eficiencia de la planta así como su metabolismo, lo que resultó en una mejor calidad del fruto. Por lo tanto, el uso de biopreparados elaborados a partir de frutos muestra una estrategia que ayude con la producción de chile huacle.

11. Referencias

Acosta, M. B. (2022). Cómo eliminar trips de las plantas. Aguilar-Rincón, V. H., Corona-Torres, T., López-López, P., Latournerie-Moreno, L., Ramírez-Meraz, M., Villalón-Mendoza, H., & Aguilar-Castillo, J. A. (2010). Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN.

Arthur, J. D., Li, T., & Bi, G. (2022). Plant growth, yield, and quality of containerized heirloom chile pepper cultivars affected by three types of biostimulants. *Horticulturae*, 9(1), 12.

Ashour, M., Hassan, S. M., Elshobary, M. E., Ammar, G. A., Gaber, A., Alsanie, W. F., & El-Shenody, R. (2021). Impact of commercial seaweed liquid extract (TAM®) biostimulant and its bioactive molecules on growth and antioxidant activities of hot pepper (*Capsicum annuum*). *Plants*, 10(6), 1045.

Bhuvaneswari, G., Sivaranjani, R., Reeth, S., & Ramakrishnan, K. (2013). Aplicación de nitrógeno y potasio en el crecimiento y rendimiento del chile *Capsicum annuum* L. *Revista Internacional de Microbiología Actual y Ciencias Aplicadas*, 2(12), 329–337.

Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*, 9(6), 306. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>

Cambiagro, E. E. (2024). Virus del mosaico del chile pimiento. Blog Cambiagro. <https://blog.cambiagro.com/chile-pimiento/enfermedades-del-chile-pimiento/virus-del-mosaico-del-chile-pimiento>

Di Barbaro, G., Pernasetti, S., & Stegmayer, A. (2005). Evaluación del efecto de *Azospirillum brasilense* en la germinación y emergencia del pimiento pimentonero (*Capsicum annuum* L. var. Trompa de elefante). *Revista del CIZAS*, 6(1–2), 74–85.

Ecologiaverde. (s. f.). Cómo eliminar trips de las plantas. Ecologiaverde. <https://www.ecologiaverde.com/como-eliminar-trips-de-las-plantas-4144.html>

Espinosa-Rodríguez, M. (2011). Respuesta del chile huacle (*Capsicum* spp.) a cuatro soluciones nutritivas en cultivo sin suelo y bajo invernadero [Tesis profesional, Instituto Politécnico Nacional]. CIIDIR Oaxaca.

Fajardo-Rebollar, E., Estrada, K., Grande, R., Ek Ramos, M. J., Ruiz, V. G., Villegas-Torres, O. G., & Camino, C. D. (2021). Bacterial and fungal microbiome profiling in chilhuacle negro chili (*Capsicum annuum* L.) associated with fruit rot disease. *Plant Disease*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-20-2098-RE>

FAO. (2023). FAOSTAT: Food and agriculture data. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/>

Flores Vázquez, I. L., & Jiménez Ramírez, J. S. (2023). Medición del índice de verdor para el diagnóstico nutrimental de nitrógeno en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

GmbH, P. (s. f.). Cercosporiosis del pimiento | Plagas y enfermedades. Plantix. <https://plantix.net/es/library/plant-diseases/100085/chilli-cercospora-leaf-spot/>

Hernández, W. G., García, M. C. M., & Roldán, M. P. (2025). Expresiones para evaluar cuantitativamente el aprendizaje creativo en la informática. Sinéctica Revista Electrónica de Educación, 64. <https://doi.org/10.31391/azgv5520>

Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera – UNAL. (s. f.). Universidad Nacional de Colombia. <https://ladera.palmira.unal.edu.co/>

Jasso-Cantú, D., Gutiérrez-Coronado, M. A., & García-Moya, E. (2023). Extractos de plantas como bioestimulantes de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 14(2), 343–356. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3559>

Klehmkuhl. (2020). Mosca blanca. <https://www.compo.es/consejos/plagas-enfermedades/ataque-de-insectos/mosca-blanca>

López, P. L., Hernández, R. R., & Mosqueda, E. B. (2016). Impacto económico del chile huacle (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Oaxaca. Revista Agroproductividad, 9(8), 35–39. <https://www.redalyc.org/journal/141/14146082010/html/>

Melo, P., Abreu, C., Bahcevandziev, K., Araujo, G., & Pereira, L. (2020). Biostimulant effect of marine macroalgae bioextract on pepper grown in greenhouse. Applied Sciences, 10(11), 4052.

Mezeyová, I., Kollárová, I., Golian, M., Árvay, J., Mezey, J., Šlosár, M., & Horečná, T. (2024). The Effect of Humic-Based Biostimulants on the Yield and Quality Parameters of Chili Peppers. *Horticulturae*, 10(9).

Monitoreo y fluctuación poblacional de parasitoides del picudo del chile *Anthonomus eugenii* (Cano, 1894) (Coleoptera: Curculionidae) en una zona productora de Puebla, México. (s. f.). Acta Zoológica Mexicana (N.S.). <https://azm.ojs.inacol.mx/index.php/azm/article/view/2568/3121>

Olguin, J. Q., Ruíz, A. M., Mayoral, L. E. G., & Patlán, E. E. S. (2024). Comportamiento del contenido de humedad en frutos de chile huacle, cultivado en invernadero. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 7(4), e75545. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n4-110>

Parra-Lobato, M. C., & Gómez-Jiménez, M. C. (2011). Polyamine-induced modulations in antioxidant systems to enhance resistance to abiotic stress in plants.

Publicado por Reyes, C. (2017). Picudo del chile. Panorama Agropecuario. <https://panorama-agro.com/?p=2326>

Rivera-Solís, L. L., Benavides-Mendoza, A., Robledo-Olivo, A., & González-Morales, S. (2023). La salud del suelo y el uso de bioestimulantes. Agraria, 20(3), 5–10.

Rodríguez-Hernández, B., Sánchez-García, M., & López-Pérez, J. A. (2020). Phytochemical composition and bioactive properties of Rosmarinus officinalis extracts. Journal of Medicinal Plants Research, 14(3), 120–135.

Serpentine leafminer *Liriomyza huidobrensis* Merle Shepard, G. R. Carner, & P. A. C. Ooi. (s. f.). Koppert México. <https://www.koppert.mx/plagas-en-plantas/minadores-de-hojas/minador-de-la-hoja-de-crisantemo/>

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2017). Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Suquilanda, V. (2020). Elaboración de abonos orgánicos para la producción de hortalizas: Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro. Fundagro.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2015). Plant physiology and development. Sinauer Associates.

Tecnología, P. (2020, 24 septiembre). Principales plagas y enfermedades del chile serrano. ProainShop. <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/principales-plagas-y-enfermedades-del-chile-serrano>

The Four Principles of Organic Agriculture | IFOAM. (s. f.). IFOAM. <https://www.ifoam.bio/why-organic/shaping-agriculture/four-principles-organic>

Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., Santacruz-Varela, A., Valadez-Moctezuma, E., López, P. A., Aguilar-Rincón, V. H., & Vaquera-Huerta, H. (2016). Characterization of genetic diversity of native 'Ancho' chili populations of Mexico using microsatellite markers. Chilean Journal of Agricultural Research, 76(1), 18–26.

Tsedal-Tseggai, G. (2004). Yield and quality response of tomato and hot pepper to pruning [Master's thesis, University of Pretoria].

Urbina-Sánchez, E., Cuevas-Jiménez, A., Reyes-Alemán, J. C., Alejo-Santiago, G., Valdez-Aguilar, L. A., & Vázquez-García, L. M. (2020). Solución nutritiva adicionada con NH₄ para producción hidropónica de chile huacle (*Capsicum annuum* L.). Revista Fitotecnia Mexicana, 43(3), 291–298. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.291>.