



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**INGENIERÍA EN AGRONOMÍA PARA LA  
PRODUCCIÓN SUSTENTABLE**

**TESIS**

**Potencial Del Bioestimulante De Romero En La Producción De  
Pepino**

**Para Obtener El Título De:**

**Ingeniero Agrónomo para la Producción Sustentable**

**PRESENTA**

**HORLIN CORTES PEREZ**

Directora

Dra. Iridiam Hernández Soto

Codirector

Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo

Asesores:

Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos

Dr. Benito Flores Chávez

Mtra. Ana Karen Zaldívar Ortega

Santiago de Lugo Guerrero., México., junio de 2025



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

Santiago Tulantepec de Lugo, Guerrero, Hidalgo., 6 de junio 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, **Horlin Cortes Pérez**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Potencial Del Bioestimulante De Romero En La Producción De Pepino”**, 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 comité:

<b>PRESIDENTE</b>	Dr. Benito Flores Chávez
<b>SECRETARIO</b>	Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos
<b>PRIMER VOCAL</b>	Dr. Antonio de Jesus Cenobio Galindo
<b>SEGUNDO VOCAL</b>	Dra. Iridiam Hernández Soto
<b>SUPLENTE</b>	Mtra. Ana Karen Zaldívar Ortega

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

## **Agradecimientos**

Con profunda estima y reconocimiento, extendiendo mi mas sincera gratitud a mi directora de tesis la Dra. Iridiam Hernández Soto y codirector el Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo. Su dedicación docente y guía han sido pilares fundamentales en la dirección y enriquecimiento de esta investigación.

Mi gratitud se extiende a mis asesores de tesis el Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos, el Dr. Benito Flores Chávez y la Mtra. Ana Karen Zaldívar Ortega.

Agradezco a todos los profesores que me compartieron sus conocimientos a lo largo de la universidad, todo mi agradecimiento, respeto y admiración.

A mis compañeros de universidad, quienes en un momento fueron desconocidos, a lo largo del tiempo pasaron a ser familia, esos amigos que te ayudan y motivan a continuar y no rendirte. Mis queridos amigos, Guillermo, Luis Gonzalo, Andrés, Nahúm, Luz Ximena, Ana Karla, Elizabeth, gracias por todo lo vivido en la universidad, siempre estarán presentes en mi memoria.

Por ultimo y no menos importante, quiero agradecer a mis padres, gracias a ellos pude cumplir mi sueño de ser Ing. Agrónomo, gracias por todo el apoyo, todo lo que soy hoy en día es gracias a ustedes, estaré eternamente agradecido con ustedes.

También me gustaría hacer mención y reconocer la calidad educativa de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, cada alumno egresado es una persona sumamente capaz de poder con todo, me siento muy feliz y con la frente en alto puedo decir que soy orgullosamente garza.

## Índice general

Resumen .....	1
1. Introducción.....	2
2. Antecedentes .....	3
3. Marco Teórico.....	4
3.1. Cultivo de pepino ( <i>Cucumis sativus</i> L.) .....	4
3.3 Manejo agronómico .....	4
3.4. Principales plagas y enfermedades .....	6
3.4.1 Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) .....	7
3.4.2 Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> ) .....	7
3.4.3 Pulgón ( <i>Aphis gossypii</i> ) .....	8
3.5 Enfermedades del pepino .....	8
3.5.1 Mildiu vellosa ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> ) .....	9
3.5.2 Oidio ( <i>Podosphaera xanthii</i> ) .....	10
3.5.3 Virus de mosaico de pepino ( <i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV)) .....	11
3.6. Bioestimulantes .....	12
3.7. Romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ) como bioestimulante .....	13
3.8 Obtención de un bioestimulante a partir de romero: Agricultura regenerativa .	13
4. Justificación .....	14
5. Hipótesis .....	15
6. Objetivo general .....	15
6.1 Objetivos específicos .....	15
7. Métodos y materiales.....	16
7.1 Ubicación del área de estudio y establecimiento del cultivo .....	16
7.2 Tratamientos y aplicación de bioestimulantes .....	16
7.3 Parámetros agronómicos .....	18

7.4 Análisis estadístico .....	20
8. Resultados y discusiones .....	20
9. Conclusión .....	26
10. Referencias .....	27

### Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Bioestimulantes en la agricultura .....	3
<b>Tabla 2.</b> Principales plagas en el cultivo de pepino .....	6
<b>Tabla 3.</b> Principales enfermedades en el cultivo de pepino .....	9

### Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Cultivo de pepino .....	4
<b>Figura 2.</b> Requerimientos nutricionales del cultivo de pepino .....	5
<b>Figura 3.</b> Mosca blanca .....	7
<b>Figura 4.</b> Trips .....	7
<b>Figura 5.</b> Pulgón .....	8
<b>Figura 6.</b> Mildiu vellosa .....	10
<b>Figura 7.</b> Oidio .....	10
<b>Figura 8.</b> Virus del mosaico .....	11
<b>Figura 9.</b> Clasificación de los bioestimulantes .....	12
<b>Figura 10.</b> Compuestos bioactivos con potencial bioestimulante .....	13
<b>Figura 11.</b> Elaboración del bioestimulante a base de romero .....	17
<b>Figura 12.</b> Medición de variables agronómicas .....	19
<b>Figura 13.</b> Evaluación del desarrollo reproductivo .....	20
<b>Figura 14.</b> A) Altura de la planta; B) Numero de hojas; C) Diámetro de la hoja; D) Clorofila.. .....	22
<b>Figura 15.</b> A) Numero de flores; B) Numero de frutos; C) Diámetro polar del fruto; D) Diámetro ecuatorial del fruto.. .....	24
<b>Figura 16.</b> A) Peso del fruto; B) Rendimiento.. .....	26

## Resumen

El uso de bioestimulantes vegetales ha cobrado relevancia como alternativa ecológica para mejorar la productividad agrícola y reducir la dependencia de fertilizantes químicos. En esta investigación, se evaluó el efecto de un bioestimulante a base de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del pepino (*Cucumis sativus* L.). Se implementó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos: T1 (5 mL de bioestimulante), T2 (10 mL), T3 (15 mL), T4 (fertilizante químico) y T0 (testigo sin aplicación adicional) todos los tratamientos previamente descritos contaron con la aplicación de una solución nutritiva Steiner, ajustada a cada etapa fenológica del cultivo. Se midieron variables agronómicas como altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, contenido de clorofila, número de flores, número de frutos, peso del fruto y rendimiento total. Los resultados indicaron que T3 promovió un incremento significativo en altura (18.22 % respecto a T0), diámetro del tallo (25.45 %) y número de hojas (22.73 %), mientras que T4 mostró la mayor acumulación de clorofila (16.70 %). En términos de producción, T3 presentó el mayor número de frutos (36.22 % más que T0), mientras que T4 favoreció una mayor cantidad de flores (16.68 %). En peso del fruto y rendimiento total, T3 y T4 fueron los tratamientos más efectivos, superando significativamente al testigo. Se concluye que el bioestimulante de romero tiene un efecto positivo sobre el crecimiento y producción del pepino, representando una alternativa viable para mejorar la eficiencia productiva de este cultivo.

**Palabras clave:** Bioestimulantes, *Rosmarinus officinalis*, rendimiento, crecimiento vegetal, agricultura sostenible.

# 1. Introducción

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza de la familia Cucurbitaceae, ampliamente cultivada y valorada por su sabor fresco y su contenido nutricional. En 2022, la producción mundial de pepino alcanzó aproximadamente 87.5 millones de toneladas (FAO, 2023). Este fruto es reconocido por su alto contenido de agua y la presencia de compuestos bioactivos como vitamina C, potasio y antioxidantes, que contribuyen a la salud humana (Zhao et al., 2021). Para incrementar la producción de pepino, es común el uso de fertilizantes químicos que aportan nutrientes esenciales. No obstante, el uso excesivo de estos insumos puede provocar efectos negativos, como la contaminación de cuerpos de agua, la degradación de la estructura del suelo y la disminución de la biodiversidad microbiana (García-Sánchez et al., 2022). Estas consecuencias han impulsado la búsqueda de alternativas ecológicas que permitan una producción sostenible. Una de estas alternativas es el uso de bioestimulantes, definidos como productos orgánicos que mejoran la absorción de nutrientes en las plantas. Estos incluyen sustancias húmicas, aminoácidos, extractos de algas y bacterias promotoras del crecimiento (Calvo et al., 2020). Los bioestimulantes actúan en la planta mejorando la eficiencia en la absorción de nutrientes, aumentando la tolerancia al estrés abiótico y potencializando la calidad de los cultivos (du Jardin, 2019).

En este contexto, el romero (*Rosmarinus officinalis* L.) se ha identificado como una planta con gran potencial bioestimulante debido a su contenido de flavonoides, terpenoides y compuestos fenólicos, los cuales poseen propiedades antioxidantes, antimicrobianas y promotoras del crecimiento vegetal. Por ejemplo, Chrysargyris et al. (2021) evaluaron un bioestimulante a base de romero en el cultivo de jitomate y reportaron un incremento en el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto. Por lo anterior mencionado, se consideró relevante evaluar el efecto de *Rosmarinus officinalis* L. como bioestimulante en el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), con el fin de proponer prácticas agrícolas más sostenibles y ecológicas

## 2. Antecedentes

La agricultura moderna ha enfrentado el desafío de mantener la productividad de los cultivos sin comprometer la salud del medio ambiente ni la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Esto ha motivado la búsqueda de alternativas a los insumos agroquímicos tradicionales. En este contexto, los bioestimulantes agrícolas han surgido como herramientas innovadoras y sostenibles para mejorar el crecimiento vegetal, el rendimiento de los cultivos y la eficiencia en el uso de los nutrientes. Algunos estudios previos se muestran en la Tabla 1. Es importante mencionar que no existen trabajos previos sobre bioestimulantes de romero en el cultivo de pepino. Lo que convierte a esta investigación en el primer trabajo de este tipo.

**Tabla 1.** Bioestimulantes en la agricultura

Extracto vegetal	Compuestos bioactivos	Resultados	Referencia
Extracto de <i>Ascophyllum nodosum</i> (alga marina)	Minerales, polisacáridos, reguladores del crecimiento, ácidos grasos poliinsaturados, lípidos, proteínas, antioxidantes	Incremento en el rendimiento total y comercial del pepino, así como en el número de frutos por planta y peso promedio de los frutos.	(Hassan et al., 2021)
Extracto de plantas del semidesierto	Compuestos bioactivos presentes en las plantas del semidesierto	Mejora en el rendimiento y la calidad del pepino, superando a los biorreguladores y al control.	(García-Pérez et al., 2024)
BioRemedy (producto comercial)	Ácidos húmicos, maltodextrina, sacarosa, extracto de algas, aminoácidos totales	Aumento en la altura de planta, diámetro de tallo y volumen de fruto en pepino.	(Gabriel-Ortega et al., 2024).
Algamix® extracto de alga marina ( <i>Ascophyllum nodosum</i> )	Minerales, polisacáridos, reguladores del crecimiento, ácidos grasos poliinsaturados, lípidos, proteínas, antioxidantes	Incremento en el número de frutos por planta (comercial y de primera calidad) y en el rendimiento total, comercial y de primera calidad.	(Ramírez-Gómez y Vargas, 2023)
Nanopartículas de óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Hierro en forma de nanopartículas	Incremento del 38.99% en el rendimiento, 30.18% en la biosíntesis de compuestos bioactivos y 23.26% en la concentración de hierro en los frutos de pepino.	(Guillén-Enríquez et al., 2022)

## 3. Marco Teórico

### 3.1. Cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza perteneciente a la familia Cucurbitaceae (Figura 1). Es una planta herbácea anual de crecimiento rastrero o trepador, con tallos angulosos y provistos de zarcillos que le permiten sujetarse a estructuras de soporte. Sus hojas son palmeadas y lobuladas, con un pecíolo largo y bordes dentados. Presenta flores unisexuales de color amarillo, siendo las masculinas más numerosas que las femeninas. Su fruto es una baya cilíndrica de color verde, con una piel delgada y numerosas semillas en su interior, caracterizado por su alto contenido de agua y bajo valor calórico (Wehner y Guner, 2020).



**Figura 1.** Cultivo de pepino

### 3.3 Manejo agronómico

El pepino se cultiva en distintos sistemas de producción, desde campo abierto hasta invernaderos tecnificados. Su manejo agronómico implica una preparación adecuada del suelo, la elección de variedades adaptadas a las condiciones climáticas, un sistema eficiente de riego y fertilización balanceada.

Además, se recomienda el uso de tutores para mejorar la calidad del fruto y facilitar la cosecha (Liu et al., 2021). El pepino requiere un suministro constante de agua, ya que su fruto está compuesto en un 90 % por este recurso. Se recomienda un riego por goteo para optimizar la absorción hídrica y evitar el encharcamiento que favorece enfermedades radiculares. En términos nutricionales, este cultivo demanda altas cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio, específicamente los siguientes (Figura 2):

Etapa de desarrollo	Tasas de aplicación física (kg/ha)				Tasas proporcionales de aplicación			
Base dressing	N	60	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	160	N	1	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,67
	K <sub>2</sub> O	200	CaO	60	K <sub>2</sub> O	3,3	CaO	1,0
	MgO	50			MgO	0,83		
Transplante - Floración	N	40	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10	N	1	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,25
	K <sub>2</sub> O	60	CaO	30	K <sub>2</sub> O	1,5	CaO	0,75
	MgO	10			MgO	0,25		
Floración a cuajado	N	70	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20	N	1	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,29
	K <sub>2</sub> O	140	CaO	40	K <sub>2</sub> O	2,0	CaO	0,57
	MgO	40			MgO	0,57		
Cuajado a cosecha	N	80	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20	N	1	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,25
	K <sub>2</sub> O	200	CaO	50	K <sub>2</sub> O	2,5	CaO	0,63
	MgO	30			MgO	0,38		
<b>Total (kg/ha)</b>	N	142	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	210	N	1	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,84
	K <sub>2</sub> O	260	CaO	180	K <sub>2</sub> O	2,4	CaO	0,72
	MgO	72			MgO	0,52		

**Figura 2.** Requerimientos nutricionales del cultivo de pepino

Fuente: Solutions for human progress

El uso excesivo de fertilizantes químicos puede provocar contaminación ambiental y la acumulación de sales en el suelo, afectando el desarrollo de la planta (Huang et al., 2022). El desarrollo del pepino se divide en distintas etapas fenológicas: a) germinación (5-7 días), b) desarrollo vegetativo (15-20 días), c) floración (30-40 días), d) fructificación (40-55 días) y e) maduración de frutos (50-70 días). Estas fases pueden variar en función de las condiciones ambientales y el manejo del cultivo (Montero et al., 2020).

### 3.4. Principales plagas y enfermedades

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) es susceptible a diversas plagas que pueden afectar su crecimiento, desarrollo y producción. A continuación, se presentan las principales plagas del pepino (Tabla 2).

**Tabla 2.** Principales plagas en el cultivo de pepino

Plaga	Nombre científico	Signos	Referencia
Mosca blanca	<i>Bemisia tabaci</i>	Transmisión de virus, debilitamiento de la planta por succión de savia	(Zambrano Centeno, 2025)
Trips	<i>Frankliniella occidentalis</i>	Deformación y bronceado en hojas, reducción del crecimiento.	(Hernández Jiménez y Hernández Juárez, 2024)
Pulgón	<i>Aphis gossypii</i>	Enanismo, amarillamiento y enrollamiento de hojas, transmisión de virus.	(García Naranjo et al., 2024)
Araña roja	<i>Tetranychus urticae</i>	Manchas amarillas en hojas, debilitamiento de la planta.	(Rezaei et al., 2025)
Gusano trozador	<i>Agrotis spp.</i>	Corte de plántulas en la base, disminución de la población inicial del cultivo.	(Clavijo et al., 2025)

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1 Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Clasificación taxonómica:

- Filo: Arthropoda
- Clase: Insecta
- Orden: Hemiptera
- Familia: Aleyrodidae
- Género: Bemisia



**Figura 3.** Mosca blanca

Es un insecto diminuto (figura 3), generalmente de 1 a 2 mm de largo, con un cuerpo amarillo pálido y alas blancas cubiertas de una sustancia cerosa. Su hábitat preferido se encuentra en invernaderos y climas cálidos y húmedos, donde encuentra las condiciones ideales para reproducirse rápidamente. El principal peligro de estos insectos es que se alimentan del contenido de las hojas de las plantas, perforándolas para extraer su savia. Durante este proceso, liberan una sustancia pegajosa que fomenta el desarrollo de hongos y otras enfermedades, lo que agrava el daño a las plantas. La mosca blanca es una especie de polífaga, capaz de afectar a más de 200 especies herbáceas donde las principales son jitomate, pepino, melón, berenjena etc.

### 3.4.2 Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Clasificación Taxonómica:

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



**Figura 4.** Trips

Los trips (Figura 4) son insectos diminutos que miden menos de 1.5 mm y su color varía, dependiendo de la especie y la etapa de vida. 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. La mayoría de trips de plagas se alimentan escondidos, con frecuencia en botones y en las puntas de los brotes o bajo los sépalos; el daño que causan usualmente se nota antes de que los trips sean visibles. Los trips de invernadero y los de la flor del oeste son dos de las especies de plagas más comunes en los jardines.

### 3.4.3 Pulgón (*Aphis gossypii*)

Clasificación Taxonomica:

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



**Figura 5.** Pulgón

Es un pulgón (figura 5) extremadamente polífago que se encuentra en más de 700 especies de plantas. Algunos de los cultivos de plantas que son atacados por el pulgón son: algodón, cítricos, café, cacao, berenjena, pepino, melón, pimiento y muchas plantas ornamentales. Tienen un ciclo de vida complejo, los adultos pueden contar con alas como sin las mismas y presentarse en una gran variedad de colores. En los invernaderos, la reproducción tiene lugar mediante partenogénesis con hembras vivíparas no fertilizadas que siguen produciendo nuevas generaciones de hembras.

## 3.5 Enfermedades del pepino

El cultivo de pepino es susceptible a diversas enfermedades (Tabla 3) de origen fúngico, bacteriano y viral, las cuales pueden afectar significativamente su rendimiento y calidad comercial. Estas enfermedades pueden causar pérdidas

económicas debido a la reducción de la producción, el deterioro de los frutos y el aumento de costos en manejo fitosanitario.

**Tabla 3.** Principales enfermedades en el cultivo de pepino

Enfermedad	Patógeno	Signos de la enfermedad
Mildiu veloso	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Manchas amarillas en hojas con esporulación en el envés.
Oídio	<i>Podosphaera xanthii</i>	Presencia de polvo blanco en hojas, reducción del área fotosintética.
Podredumbre gris	<i>Botrytis cinérea</i>	Podredumbre en flores y frutos con presencia de micelio gris.
Mancha angular	<i>Pseudomonas syringae</i> <i>Lachrymans</i>	pv. Lesiones en forma de "V" en hojas, con exudado bacteriano.
Virus del mosaico del pepino	<i>Cucumber mosaic virus</i> (CMV)	Moteado y deformación de hojas, reducción del crecimiento.

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.1 Mildiu veloso (*Pseudoperonospora cubensis*)

El mildiu veloso (figura 6) es una enfermedad común de los cultivos causada por oomicetos, organismos microscópicos que se parecen a los hongos, pero que en realidad están más relacionados con las algas. Estos patógenos parasitarios se dirigen a plantas vivas y prosperan en ambientes frescos y húmedos, donde pueden propagarse rápidamente y causar importantes daños a los cultivos.



**Figura 6.**Mildiu vellosa

### 3.5.2 Oidio (*Podosphaera xanthii*)

Es una enfermedad fúngica cosmopolita que se observa en todas las áreas de producción de Cucurbitáceas en el mundo. Es una de las enfermedades foliares más frecuentes y destructivas del follaje (figura 7), que es común tanto en invernadero como en el campo abierto. Afecta a una gran proporción del follaje, en particular a las hojas que presentan una senescencia prematura, es la causa de importantes pérdidas de rendimiento y una disminución de la calidad de los frutos y de su vida útil. Agreguemos que las plantas de oidio, bastante sensibles de hojas, tienen sus frutos más expuestas a las quemaduras solares.



**Figura 7.** Oidio

### 3.5.3 Virus de mosaico de pepino (*Cucumber mosaic virus* (CMV))

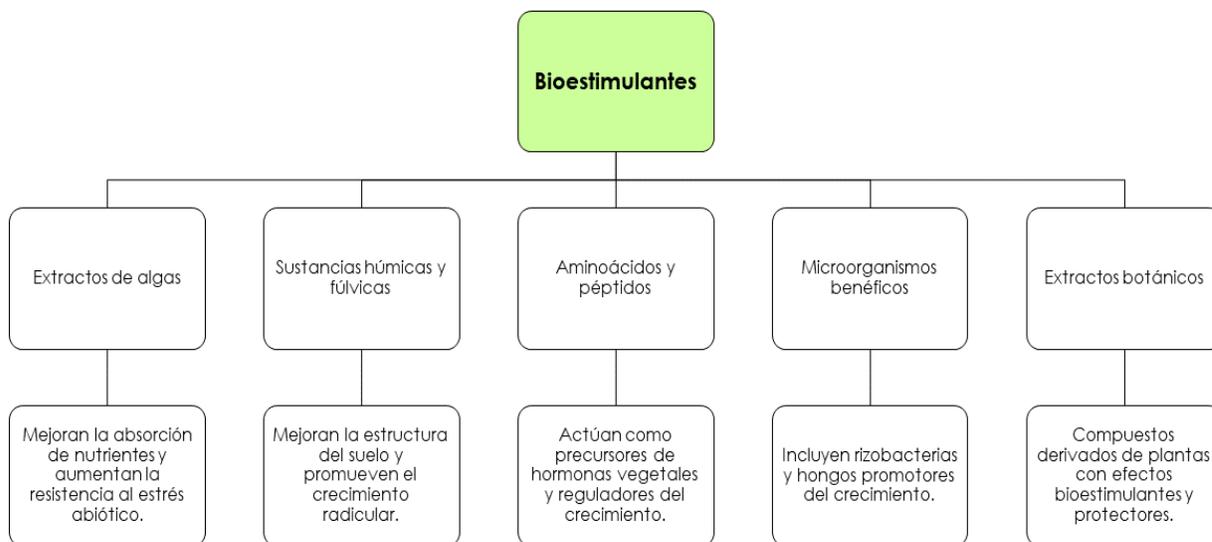
El virus del mosaico del pepino (figura 8), del género cucumovirus, es común en todo el mundo, tanto en climas templados como tropicales, pero no puede sobrevivir en condiciones extremadamente secas. La infección da como resultado un daño severo a las plantas hospedantes. Los síntomas inducidos por el CMV incluyen mosaicos de color verde claro a verde oscuro, clorosis generalizada, atrofia, filiformes foliares y clorótico local, y son específicos del huésped.



**Figura 8.** Virus del mosaico

### 3.6. Bioestimulantes

El uso de bioestimulantes en la agricultura surge como una respuesta a la necesidad de reducir el impacto ambiental del uso excesivo de fertilizantes y agroquímicos. Su desarrollo ha sido impulsado por investigaciones enfocadas en mejorar la eficiencia de absorción de nutrientes, aumentar la tolerancia al estrés y reducir el uso de productos químicos sintéticos. Su clasificación se presenta en la Figura 9. Los bioestimulantes actúan sobre las plantas a nivel fisiológico y bioquímico. Promueven la síntesis de hormonas como auxinas y giberelinas, estimulan la producción de antioxidantes y mejoran la eficiencia fotosintética. Además, favorecen la actividad microbiana del suelo y fortalecen las defensas naturales de la planta contra enemigos naturales



**Figura 9.** Clasificación de los bioestimulantes

Fuente: Rivera-Solís et al., 2023

### 3.7. Romero (*Rosmarinus officinalis*) como bioestimulante

El romero es una planta perenne de la familia Lamiaceae, caracterizada por su crecimiento arbustivo, hojas lineares y aromáticas de color verde oscuro, y flores pequeñas de color azul o violeta. Se adapta a climas templados y suelos bien drenados. El romero contiene compuestos bioactivos con potencial bioestimulante, entre los que destacan los siguientes (Figura 10):

#### Flavonoides:

- Actúan como antioxidantes y reguladores del crecimiento.

#### Terpenoides

- Mejoran la resistencia de la planta a condiciones adversas.

#### Compuestos fenólicos

- Favorecen la actividad microbiana benéfica en el suelo.

**Figura 10.** Compuestos bioactivos con potencial bioestimulante

Fuente: Elaboración propia

### 3.8 Obtención de un bioestimulante a partir de romero: Agricultura regenerativa

Los extractos de romero pueden obtenerse mediante maceración en agua o en solventes hidroalcohólicos, permitiendo la extracción de sus metabolitos secundarios. Su aplicación en riego o vía foliar puede mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes y estimular el crecimiento de las plantas (Bulgari et al., 2019). La agricultura regenerativa es un enfoque que busca restaurar la salud del suelo, mejorar la biodiversidad y reducir la dependencia de insumos sintéticos. En la actualidad, es una estrategia viable debido a su capacidad para mejorar la estructura del suelo, aumentar la captura de carbono y reducir la erosión. La integración de bioestimulantes, como los obtenidos de *romero*, representa una

oportunidad para fortalecer los principios de la agricultura regenerativa y lograr una producción agrícola sostenible (Rouphael y Colla, 2020).

## 4. Justificación

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial debido a su alto consumo y valor comercial. Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes químicos en su producción ha generado problemas ambientales, como la contaminación del suelo y del agua, además de afectar la microbiota benéfica del suelo (García-Sánchez et al., 2022). Para reducir estos impactos, es necesario buscar alternativas sostenibles que optimicen el crecimiento y rendimiento del cultivo sin comprometer la calidad del suelo y los ecosistemas agrícolas. Los bioestimulantes representan una alternativa ecológica para mejorar la producción de cultivos sin depender en gran medida de agroquímicos sintéticos. Dentro de estos productos, los extractos botánicos han demostrado efectos positivos en la fisiología vegetal, favoreciendo el crecimiento, la absorción de nutrientes y la resistencia al estrés abiótico y biótico.

El romero (*Rosmarinus officinalis* L.) es una planta que contiene metabolitos secundarios con potencial bioestimulante, como flavonoides, terpenoides y compuestos fenólicos. Su empleo en la agricultura podría mejorar parámetros agronómicos en el cultivo de pepino, optimizando su crecimiento y rendimiento. Por ello, esta investigación busca evaluar los efectos de un bioestimulante a base de romero en el desarrollo fenológico y la productividad del pepino, con el fin de validar su eficacia como una alternativa sustentable en la producción hortícola.

## 5. Hipótesis

La aplicación de un bioestimulante a base de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) mejora el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), promoviendo un mayor desarrollo vegetativo y reproductivo (rendimiento), reflejado en parámetros agronómicos como altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, contenido de clorofila, número de flores y frutos, así como el peso y calidad del fruto.

## 6. Objetivo general

Evaluar el efecto de un bioestimulante a base de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), con el fin de validar su uso como una alternativa sostenible para mejorar la producción hortícola.

### 6.1 Objetivos específicos

Determinar el efecto del bioestimulante a base de romero, en los parámetros agronómicos del pepino, incluyendo altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y contenido de clorofila.

Evaluar la influencia del bioestimulante en las variables de rendimiento del cultivo, como número de flores, número de frutos, diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso del fruto y rendimiento total del cultivo.

## 7. Métodos y materiales

### 7.1 Ubicación del área de estudio y establecimiento del cultivo

El experimento se llevó a cabo en una parte experimental de la comunidad rural de Francisco Sarabia, municipio de Tepeapulco, Hgo (19° 52' 14.9" N, 98° 25' 46.7 W"). La región presenta un clima templado con una temperatura media anual de 16°C, precipitación de 550 mm y humedad relativa del 40% (INEGI, 2017). El material vegetal consistió en semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.) variedad centauro, que fueron sembradas en charolas de germinación con sustrato a base de peat moss. Una vez que las plántulas alcanzaron aproximadamente 20 cm de altura y desarrollaron al menos tres hojas verdaderas (20 Días después de la siembra), se trasladaron a bolsas de polietileno de 12 L, conteniendo una mezcla de turba y perlita en proporción 1:1 (v/v), con una densidad de 3 plantas por metro cuadrado. Para la nutrición del cultivo, se utilizó un sistema de riego a diferentes concentraciones durante los diferentes períodos de crecimiento: 25 % en la etapa vegetativa, 50 % en la etapa de floración, 75 % durante el cuajado del fruto y 100 % durante el llenado y la cosecha del fruto, según la metodología descrita por Steiner (1961) . El sistema de riego fue por goteo, con diferentes niveles de riego en cada fase de crecimiento tomando en cuenta la dinámica en el manejo, ambiente y desarrollo del cultivo: 100 mL para la etapa de germinación, 500 mL para la etapa de desarrollo vegetativo, 1,500 mL para la etapa de floración y cuajado de fruto, y 2,500 mL para la etapa de fructificación, según los métodos señalados por Flores (2007). Las labores culturales incluyeron deshierbe manual y tutorado de las plantas conforme al desarrollo del cultivo.

### 7.2 Tratamientos y aplicación de bioestimulantes

El experimento se diseñó con cinco tratamientos y diez repeticiones, distribuidos en un diseño completamente al azar: T1: Bioestimulante de romero 5 mL; T2: Bioestimulante de romero 10 mL; T3: Bioestimulante de romero 15 mL; T4: Fertilizante químico; T0: Testigo absoluto (sin aplicación de bioestimulante ni fertilizante químico). El bioestimulante de romero se preparó mediante la

maceración de hojas frescas de *Rosmarinus officinalis* (200 g) en agua destilada (2 L), seguido de filtración y dilución a las concentraciones requeridas (Figura 11).



**Figura 11.** Elaboración del bioestimulante a base de romero

La aplicación de los tratamientos se realizó mediante aplicación foliar, empleando la concentración requerida más 1.5 mg/L de adherente Bionex, 50 mL de la solución por planta, una vez por semana durante siete semanas, comenzando desde el trasplante. El empleo de hojas se justifica debido a que esta parte de la planta es a donde se llevan a cabo funciones metabólicas vitales, que conllevan a una mayor síntesis de compuestos bioactivos.

### 7.3 Parámetros agronómicos

Para evaluar el efecto de los tratamientos aplicados en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), se midieron variables de crecimiento, desarrollo vegetativo y reproductivo, así como la calidad y rendimiento del fruto. La altura de la planta (cm) se determinó utilizando un flexómetro desde la base del tallo (a nivel del sustrato) hasta el punto de crecimiento apical, realizándose mediciones semanales en cada planta según su tratamiento (Acevedo, 2002). El diámetro del tallo (mm) se midió con un calibrador digital a 5 cm de la base del tallo en el momento de máxima expansión vegetativa (Sánchez y Pérez, 2019). El número de hojas se determinó mediante un conteo visual de las hojas completamente desarrolladas, registrándose semanalmente (Ramírez y Sánchez, 2005). El contenido de clorofila (SPAD) se midió con un medidor portátil SPAD-502 en la tercera hoja completamente expandida desde el ápice, asegurando condiciones de luz homogéneas para evitar variaciones en la lectura (González y Silva, 2017). El medidor de clorofila SPAD 502 es un instrumento que permite evaluar indirectamente y en forma no destructiva el contenido de clorofila en la hoja y por ende, el estado nutricional del cultivo a través de una simple lectura. La concentración relativa de clorofila es medida por medio de la luz transmitida a través de la hoja en 650 nm (longitud de onda fotosintéticamente activa) y 940 nm: por lo que el medidor de clorofila SPAD constituye una herramienta apropiada para el monitoreo de la disponibilidad de nitrógeno (Flores Vázquez & Jiménez Ramírez, 2023).



**Figura 12.** Medición de variables agronómicas

Para evaluar el desarrollo reproductivo y la producción, se contabilizó el número de flores, diferenciando flores masculinas y femeninas en cada planta, mientras que el número de frutos se obtuvo mediante el registro del total de frutos cosechados por planta a lo largo del ciclo productivo (López, 2008). El diámetro polar y ecuatorial del fruto (cm) se midió con un calibrador digital, registrando tres mediciones por fruto y promediando los valores (Sánchez y Pérez, 2019). El peso del fruto (g) se determinó utilizando una balanza analítica de precisión, pesando cada fruto individualmente tras la cosecha (Ramírez y Sánchez, 2005). Finalmente, el rendimiento total del cultivo ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) se calculó sumando el peso total de los frutos cosechados en cada repetición y dividiendo entre el área ocupada por las plantas (Sánchez y Pérez, 2019).



**Figura 13.** Evaluación del desarrollo reproductivo

#### 7.4 Análisis estadístico

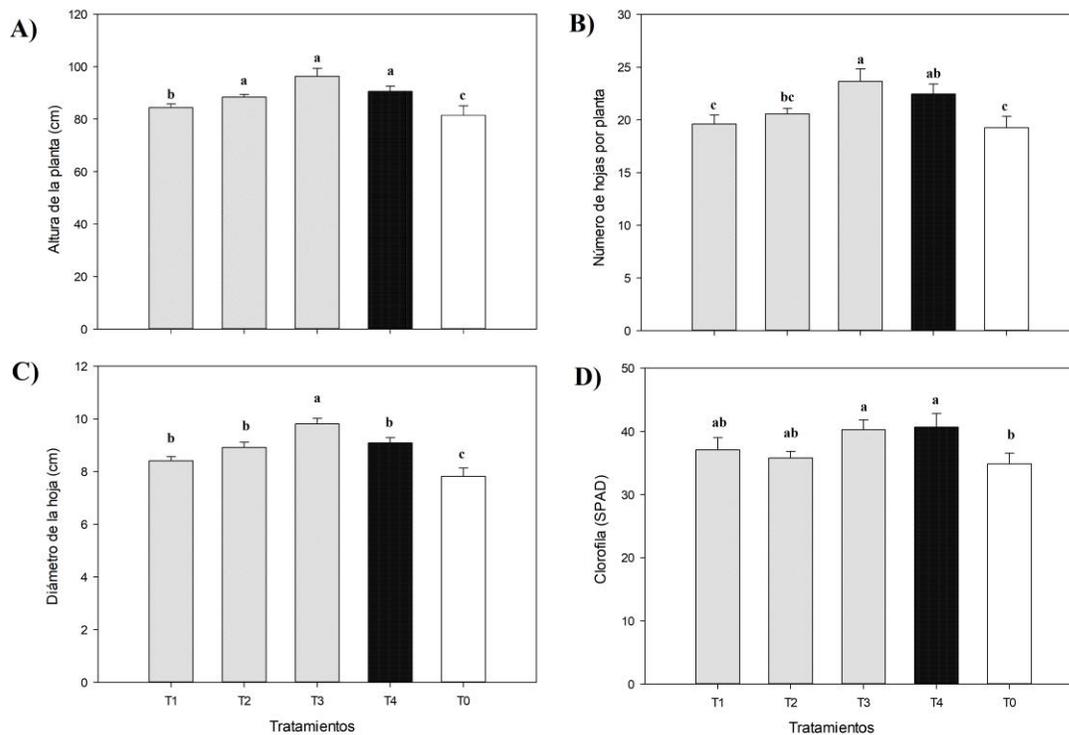
Se realizó un análisis de varianza y la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de medias de Fisher ( $\alpha \leq 0,05$ ) para analizar las variables agronómicas. Todos los procedimientos estadísticos se realizaron utilizando el software Infostat 2020.

### 8. Resultados y discusiones

Un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de medias de Fisher ( $\alpha \leq 0,05$ ) mostraron un efecto significativo de los tratamientos en esta investigación. Los resultados para la altura de la planta mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $\alpha \leq 0,05$ ) (Figura 14A). El tratamiento T3 presentó el mayor incremento en altura de la planta con un 18.22 % respecto a T0, seguido por T4 (11.19 %), T2 (8.56 %) y T1 (3.67 %). T3 superó a T4 en 7.03 %. Los resultados para diámetro del tallo (Figura 14B) mostraron

diferencias significativas entre los tratamientos ( $\alpha \leq 0,05$ ). T3 mostró el mayor diámetro (25.45 %), superando a T4 (16.24 %), T2 (14.07 %) y T1 (7.54 %). En esta variable, T3 tuvo un diámetro del tallo 9.21 % superior a T4, sugiriendo una mayor acumulación de biomasa en la base del tallo. Respecto al número de hojas (Figura 14C); Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $\alpha \leq 0,05$ ); Las plantas tratadas con T3 registraron un 22.73 % más hojas que T0, seguido de T4(16.55 %), T2 (6.75 %) y T1 (1.82 %). T3 superó a T4 en 6.18 %. En el contenido de clorofila (Figura 14D); Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $\alpha \leq 0,05$ ); T4 lideró el incremento (16.70 %), seguido de T3 (15.55 %), T1 (6.40 %) y T2 (2.70 %). En este caso, T4 superó a T3 en 1.15 %, lo que sugiere que el fertilizante químico promueve una mayor acumulación de clorofila en comparación con el bioestimulante de romero.

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. 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 aumento en el contenido de clorofila indica una mayor eficiencia fotosintética, lo que favorece la producción de carbohidratos. Esto resulta fundamental para el desarrollo de órganos reproductivos, ya que el exceso de carbohidratos se almacena en frutos en formación. La mayor producción de clorofila en T4 sugiere que el fertilizante químico proporcionó los nutrientes esenciales para la síntesis de clorofilas, mientras que el bioestimulante en T3 pudo haber activado rutas metabólicas asociadas con la producción de estas moléculas (Calvo et al., 2020).

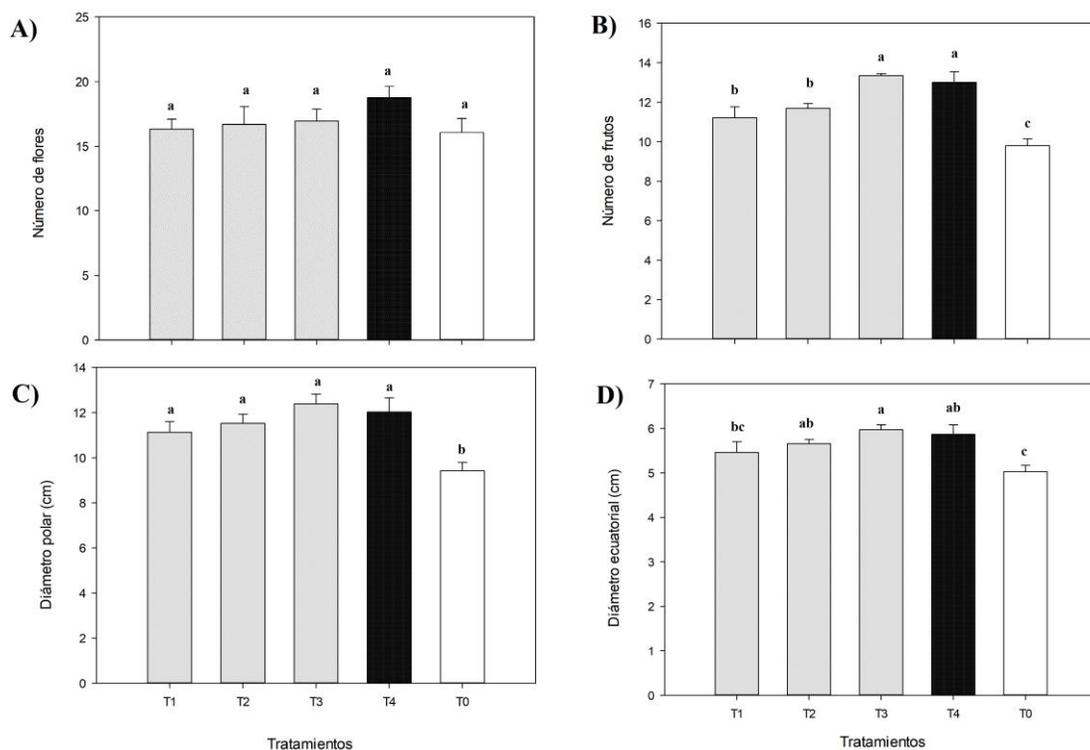


**Figura 14.** A) Altura de la planta; B) Numero de hojas; C) Diámetro de la hoja; D) Clorofila. T1, T2 y T3: 5, 10 y 15 mL de bioestimulante de romero, respectivamente; T4: Fertilizante químico; y T0: solo agua. Las letras diferentes en las barras indican diferencias significativas según la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher ( $\alpha \leq 0,05$ );  $n = 10$  error estándar.

Los resultados para número de flores (Figura 15A) mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $\alpha \leq 0,05$ ). El tratamiento T4 generó el mayor incremento en número de flores (16.68 %), seguido por T3 (5.48 %), T2 (3.92 %) y T1 (1.62 %). T4 presentó un 11.20 % más flores que T3, lo que sugiere que el fertilizante químico favorece una mayor producción floral. En el número de frutos (Figura 15B); Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $\alpha \leq 0,05$ ); T3 obtuvo el mayor numero de frutos con un 36.22 % más que T0, seguido de T4 (32.76 %), T2 (19.29 %) y T1 (14.49 %). En esta variable, T3 superó a T4 en 3.46 %. Para el diámetro polar del fruto (Figura 15C), los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $\alpha \leq 0,05$ ). T3 presentó un mayor diametro polar (31.39 %), seguido de T4 (27.57 %), T2 (22.27 %) y T1 (18.03

%). T3 superó a T4 en 3.82 %. En cuanto al diámetro ecuatorial del fruto (Figura 15D), T3 también mostró el mayor aumento (14.81 %), seguido de T4 (12.88 %), T2 (8.85 %) y T1 (5.00 %). T3 superó a T4 en 1.93 %. El incremento en el número de flores y frutos puede atribuirse a la regulación hormonal inducida por los tratamientos aplicados. El mayor número de flores en T4 sugiere que el fertilizante químico proporcionó una disponibilidad inmediata de nutrientes esenciales como el fósforo y el boro, los cuales están directamente involucrados en la iniciación floral y el desarrollo de estructuras reproductivas. Sin embargo, el mayor número de frutos obtenidos en T3 indica que el bioestimulante de romero pudo haber promovido la producción y estabilidad de las flores a través de la modulación de hormonas como giberelinas y auxinas, lo que favorece la polinización y el cuajado del fruto.

El incremento en el diámetro polar y ecuatorial del fruto en T3 puede estar relacionado con una mayor redistribución de carbohidratos desde las hojas hacia los frutos. Esto puede haber sido favorecido por los compuestos bioactivos presentes en el bioestimulante de romero, como los flavonoides y terpenoides, los cuales han sido asociados con una mejora en la eficiencia fotosintética y una mayor acumulación de fotoasimilados en órganos reproductivos. Además, los antioxidantes presentes en el extracto de romero pudieron haber reducido el estrés oxidativo en la planta, permitiendo una mayor estabilidad metabólica durante la fase de llenado del fruto (Parra-Lobato y Gómez-Jiménez, 2011).

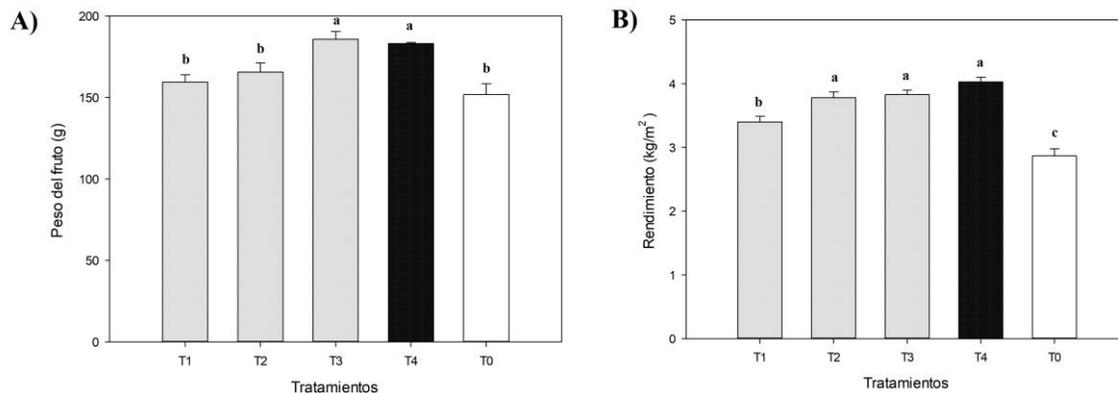


**Figura 15.** A) Numero de flores; B) Numero de frutos; C) Diámetro polar del fruto; D) Diámetro ecuatorial del fruto. T1, T2 y T3: 5, 10 y 15 mL de bioestimulante de romero, respectivamente; T4: Fertilizante químico; y T0: solo agua. Las letras diferentes en las barras indican diferencias significativas según la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher ( $\alpha \leq 0,05$ );  $n = 10$  error estándar.

Los resultados para peso del fruto (Figura 16A) mostraron diferencias notables entre tratamientos. Comparado con T0, T3 presentó un incremento del 22.31 %, T4 un 20.56 %, T2 un 9.11 % y T1 un 4.97 %, lo que indica que tanto el bioestimulante como el fertilizante mejoraron significativamente el tamaño de los frutos. En términos de rendimiento total (Figura 16B), T4 registró el mayor rendimiento con 40.42 % más que T0, seguido por T3 (33.45 %), T2 (31.71 %) y T1 (18.47 %). El mayor peso del fruto y rendimiento total en T3 y T4 puede estar relacionado con una mayor eficiencia en la translocación de nutrientes y carbohidratos desde las hojas hacia los frutos, promovida por la regulación de hormonas como las auxinas y giberelinas. Además, los compuestos bioactivos en el bioestimulante de romero

pueden haber favorecido un metabolismo energético más eficiente, permitiendo un desarrollo más óptimo del fruto (Rodríguez-Hernández et al., 2020).

Los resultados reportados en esta investigación coinciden con lo reportado por Jasso-Cantú et al., (2023) 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*). Kakbra, 2024 Evaluaron el efecto de extractos de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y de hojas de moringa (*Moringa oleifera*) en el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto de pepino (*Cucumis sativus*) bajo condiciones de invernadero. La combinación de ambos extractos resultó en un incremento notable en el número de frutos por planta y en el peso promedio de los frutos, lo que coincide con lo reportado en esta investigación. Zamorano et al., 2023. valuó el efecto de cuatro téis botánicos y un biol en cultivos orgánicos de pepino y lechuga. Los resultados indicaron que la aplicación de estos bioestimulantes promovió el desarrollo de las plantas, mejorando la absorción y asimilación de nutrientes, lo que se tradujo en un crecimiento más vigoroso y un aumento en el rendimiento de los cultivos.



**Figura 16.** A) Peso del fruto; B) Rendimiento. T1, T2 y T3: 5, 10 y 15 mL de bioestimulante de romero, respectivamente; T4: Fertilizante químico; y T0: solo agua. Las letras diferentes en las barras indican diferencias significativas según la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher ( $\alpha \leq 0,05$ );  $n = 10$  error estándar.

## 9. Conclusión

Los resultados de esta investigación demostraron que el bioestimulante a base de *Rosmarinus officinalis* L. tiene un impacto positivo en el crecimiento y rendimiento del pepino (*Cucumis sativus* L.). Se observó que su aplicación incrementó significativamente parámetros agronómicos clave, como la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de hojas y la producción de frutos. En particular, T3 (15 mL de bioestimulante) mostró el mejor desempeño en variables de crecimiento y producción de frutos, mientras que T4 (fertilizante químico) promovió una mayor cantidad de flores y contenido de clorofila. Estos hallazgos sugieren que los compuestos bioactivos del romero, como los flavonoides y terpenoides, pueden mejorar la absorción de nutrientes y la eficiencia fotosintética, favoreciendo un mayor rendimiento del cultivo. En este sentido, el uso de extractos vegetales como alternativa a los fertilizantes químicos puede contribuir a reducir el impacto ambiental de la agricultura sin comprometer la productividad. Futuras

investigaciones podrían enfocarse en la evaluación de dosis óptimas y la combinación de bioestimulantes con otros insumos orgánicos para maximizar su efectividad en diferentes cultivos y condiciones agroecológicas.

## 10. Referencias

Acevedo, H. (2002). Crecimiento y desarrollo del cultivo pepino (*Cucumis sativus* L.) en tres localidades del municipio Miranda, estado Falcón. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

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>

Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2020). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383, 3-41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>

Castañé, C., Riudavets, J., & Alomar, O. (2009). El depredador generalista *Dicyphus tamaninii* en el control de poblaciones mixtas de mosca blanca y de trips en pepino de invernadero. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, 35, 29-37.

Chrysargyris, A., Xylia, P., Litskas, V. D., Stavrinides, M., & Tzortzakis, N. (2021). Biostimulants and essential oils from medicinal and aromatic plants as sustainable alternatives for tomato production. *Agronomy*, 11 (3), 574. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030574>

Clavijo, G. E. O., Albán, Á. S. P., Montes, A. C. L., & Sánchez, S. T. T. (2025). Empleo de repelentes orgánicos para el control del minador (*Hydrellia* Sp.) En el cultivo de arroz (*Oryza Sativa* L.). Polo del Conocimiento, 10 (2), 451-473.

Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

du Jardin, P. (2019). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

Edde, P. A. (2022). Arthropod pests of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crop Arthropod Pests of Economic Importance*, 208-274.

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 Nutricional De Nitrógeno En El Cultivo De Maíz (*Zea mays* L.).

Flores, J. (2007). Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *Revista terra latinoamericana*, 25(2), 127-134.

Gabriel-Ortega, L. R., Mendoza-Carranza, M., & Salazar-Vega, L. M. (2024). Eficacia de BioRemedy en el desarrollo vegetativo y rendimiento de pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de invernadero. *AgroProductividad*, 17(1), 30–38.

García Naranjo, A., Gálvez Patón, L., & Aranda Fernández, J. (2024). Evaluación de la eficacia de un insecticida de origen vegetal en el control de las principales plagas y el efecto sobre sus enemigos naturales en el cultivo protegido de pepino en Villa del Prado, Madrid. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

García-Pérez, M., Rodríguez-López, J., & Herrera-González, A. M. (2024). Evaluación de extractos vegetales del semidesierto como bioestimulantes en el cultivo de pepino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15 (2), 245–259.

García-Sánchez, R., Martínez-Sánchez, J. J., & Simón-Grao, S. (2022). Sustainable fertilization strategies for horticultural crops: Challenges and opportunities. *Sustainability*, 14 (8), 4823. <https://doi.org/10.3390/su14084823>

González, M., & Silva, H. (2017). Propuesta para la determinación del contenido de clorofila en hojas de plantas cultivadas. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 77(4), 339-347.

Guillén-Enríquez, J., Martínez-Carrillo, J. L., & Pérez-Carrillo, E. (2022). Nanopartículas de óxido de hierro como fuente alternativa para mejorar el rendimiento y valor nutricional del pepino. *Journal of Nanotechnology in Agriculture*, 4(2), 98–107.

Hassan, M. I., El-Shabrawy, R. A., Abd El-Samad, H. M., & Mahmoud, M. A. (2021). Effect of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on growth, yield and fruit quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae*, 281, 109952. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109952>

Hernández Jiménez, C., & Hernández Juárez, A. (2024). Evaluación de trampas y atrayentes para el control de frankliniella occidentalis pergande (*Thysanoptera: Thripidae*) en campo e invernadero.

Huang, W., Xu, L., Cao, J., & Jiang, L. (2022). Advances in cucumber cultivation and stress tolerance strategies. *Horticultural Research*, 9, uhac023. <https://doi.org/10.1093/hr/uhac023>

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>

Kakbra, R. F. (2024). Effect of seaweed, moringa leaf extract and biofertilizer on growth, yield and fruit quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) under greenhouse condition. arXiv preprint arXiv:2403.17984. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.17984>

Liu, J., Chen, Z., Sun, Z., & Yu, H. (2021). Advances in cucumber agronomy and production techniques. *Agricultural Sciences*, 12(3), 97-110. <https://doi.org/10.4236/as.2021.123008>

- López, R. (2008). Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 19(1), 111-118. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072002000100017>
- Maldonado-Santoyo, M., & Morales-López, G. (2022). Análisis químico y nutricional en hojas de *Ricinus communis*. *Revista Cubana de Química*, 34(1), 3-18.
- Montero, J. I., Anton, A., & Muñoz, P. (2020). Greenhouse cucumber production: A review. *Horticulture Research*, 7, 64. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-0282-1>
- Parra-Lobato, M. C., & Gómez-Jiménez, M. C. (2011). Polyamine-induced modulations in antioxidant systems to enhance resistance to abiotic stress in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(2), 177-186. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.12.002>
- Ramírez, F., & Sánchez, J. (2005). Aplicación foliar de fertilizantes y extracto de algas en pepino cultivado en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(2), 123-130.
- Ramírez-Gómez, J. A., & Vargas, H. A. (2023). Aplicación de Algamix® en el rendimiento y calidad de fruto de pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones protegidas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(3), 520–528.
- Rezaei, E., Aramideh, S., Mirfakhraie, S., & Forouzan, M. (2025). Sublethal effects of Kane mite® on life table of *Tetranychus urticae* (Acari: *Tetranychidae*) and its predators, *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius swirskii* (Acari: *Phytoseiidae*). *The International Journal of Molecular Sciences*. 24(2), 1715; <https://doi.org/10.3390/ijms24021715>
- 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.

Roupshael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>

Sánchez, J., & Pérez, M. (2019). Densidad de plantas y poda de tallos en la producción de pepino en invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(1), 79-86.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2015). *Plant Physiology and Development*. Sinauer Associates.

Wehner, T. C., & Guner, N. (2020). Cucumber and melon breeding. In J. Prohens & F. Nuez (Eds.), *Handbook of Plant Breeding: Vegetables I* (pp. 271–318). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0826-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0826-1_7)

Zambrano Centeno, V. S. (2025). Control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*), empleando diferentes trampas en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en el sitio Mache. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión Pedernales, Manta, Ecuador.

Zamorano University. (2023). Determinación del efecto de cuatro tés botánicos y biol utilizados como bioestimulantes en los cultivos orgánicos de pepino y lechuga. Repositorio Institucional de la Universidad Zamorano. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/items/a7c8c1f4-7b3c-4815-bcc0-276af5a4bb61>

Zhao, Y., Zhang, X., Chen, F., & Zhang, J. (2021). Nutritional and bioactive compounds of cucumbers: Benefits and bioavailability. *Journal of Food Science and Technology*, 58(5), 1431-1443. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04697-x>