



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

INGENIERÍA EN AGRONOMÍA PARA LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE

TESIS

**El bioestimulante de higuera induce el crecimiento y desarrollo
en el cultivo de acelga**

**Para Obtener El Título De:
Ingeniera Agrónoma para la Producción Sustentable**

PRESENTA

ANA KARLA JUAREZ ORTEGA

Directora

Dra. Iridiam Hernández Soto

Codirector

Dr. Antonio de Jesus Cenobio Galindo

Asesores:

Dra. Eliazar Aquino Torres

Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos

Mtra. Ana Karen Zaldívar Ortega

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



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

Institute of Agricultural Sciences

Santiago Tulantepec de Lugo, Guerrero, Hidalgo., a 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 la pasante de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable, **Ana Karla Juárez Ortega**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“El bioestimulante de higuera induce el crecimiento y desarrollo en el cultivo de acelga”**, 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:

PRESIDENTE	Dra. Eliazar Aquino Torres
SECRETARIO	Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos
PRIMER VOCAL	Dr. Antonio de Jesus Cenobio Galindo
SEGUNDO VOCAL	Dra. Iridiam Hernández Soto
SUPLENTE	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

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesora de tesis la Dra. Iridiam Hernández Soto y a mi codirector el Dr. Antonio de Jesus Cenobio Galindo, por su paciencia a lo largo de este proyecto, gracias a sus consejos y comentarios que fueron invaluable para dar forma a esta tesis.

Mi agradecimiento especial a los participantes de mi estudio el Dr. Sergio Ruben, la Dra. Eliazar y a la maestra Ana Karen quienes fueron fundamentales para este proyecto.

Agradezco el apoyo de mis compañeros Elizabeth, Luz Ximena, Horlin, Guillermo, Andres, Luis Gonzalo que estuvieron presentes en cada etapa de la universidad.

Por ultimo agradezco a mis padres por su apoyo inquebrantable durante mi carrera académica, sin su amor y comprensión este logro no habría sido posible, a mis hermanas y abuela que estuvieron siempre presentes, a María de los Ángeles por sus consejos y apoyo junto a sus angelitos Mauricio's.

Dedicatoria

A mis padres por su amor incondicional por sus sacrificios y apoyo constante que han sido clave de este éxito.

A mi directora de tesis la Dra. Iridiam Hernández Soto que me apoyo desde el primer día que guio cada uno mis pasos.

A mi perrito Chalino que me acompaño en noches de estudio.

Resumen

El uso de bioestimulantes vegetales ha sido una alternativa ecológica para sustituir el uso de fertilizantes químicos y mejorar la productividad agrícola. En esta investigación se evaluó el efecto de un bioestimulante a base de la higuera (*Ricinus communis* L.), sobre el rendimiento y calidad de producción de la acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*). Se implementó un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos (5, 10 y 15 mL) se aplicó de forma foliar (F) y en el riego (R) de bioestimulante y (2 mL) de adherente Bionex mezclados en (50 mL) de agua biofertilizante. Así como un fertilizante convencional y un testigo absoluto. Se midieron variables agronómicas como la altura de la planta, número de hojas, longitud de la raíz, diámetro del tallo, diámetro de la hoja, clorofila. Los resultados indicaron que los tratamientos 15F y 10F presentaron mayores incrementos. El tratamiento 15F mostró un aumento del (46.04%) en el número de hojas, (42.40 %) en diámetro de la hoja y (36.57 %) en clorofila. En el tratamiento 10F reportó incrementos considerables en todas las variables, lo que nos da un efecto positivo, así mismo en el incremento del diámetro del tallo se observó en los tratamientos 15F y 10F un aumento del (33.69 %) y (28.26 %). En cuanto a la longitud de la raíz el tratamiento 15F presentó el mayor incremento con un (38.01 %) y el tratamiento 10F con un (30.52 %). Finalmente, en el rendimiento se observó en el tratamiento 15F obtuvo el mayor rendimiento con un (89.16 %) en comparación con el control seguido por el tratamiento 10F con un aumento de (76.51 %). Se concluye que el extracto acuoso de higuera tiene un efecto bioestimulante positivo sobre el rendimiento y mejorar la calidad de producción de la acelga que representa una forma viable para mejorar el rendimiento de este cultivo.

Palabras clave: bioestimulante, *Ricinus communis* L., metabolitos secundarios, química verde.

Contenido

1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Marco teórico	4
3.1 Acelga	4
3.2 Principales Plagas y Enfermedades	5
3.3 Higuierilla (<i>Ricinus communis</i> L.)	6
3.4 Bioestimulantes en la Producción de Acelga	7
3.5 Extractos vegetales como bioestimulantes	8
3.6 Agricultura orgánica	9
4. Justificación	12
5. Hipótesis	13
6. Objetivo general	13
7. Objetivos específicos	13
8. Material y métodos	14
8.1 Ubicación del área de estudio y establecimiento del cultivo	14
8.2 Elaboración del bioestimulante y aplicación de los tratamientos	14
8.3 Análisis agronómicos	15
8.4 Análisis estadístico	16
9. Resultados y discusiones	17
10. Conclusión	24
11. Referencias	25

Índice de tablas

Tabla 1. El uso de bioestimulantes en la agricultura	3
--	---

Índice de figuras

Figura 1. Cultivo de acelga	5
Figura 2. Principales plagas y enfermedades del cultivo de acelga	5
Figura 3 Compuestos bioactivos presentes en higuera.....	6
Figura 4 A) Altura de la planta; 4B) Número de hojas por planta; 4C) Diámetro de la hoja; 4D) Clorofila..	19
Figura 5 A) Diámetro del tallo; 5B) Longitud de la raíz; 5C) Rendimiento..	22
Figura 6 Correlación de Spearman en las variables agronómicas de acelga.....	23

1. Introducción

La acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*) es una hortaliza de hoja verde ampliamente cultivada y consumida a nivel mundial debido a su alto valor nutricional y versatilidad culinaria. En México, su producción es significativa, siendo una verdura común en diversas regiones del país como el estado de Puebla lideró la producción con 6,687.76 toneladas (56.1%), seguido por Tlaxcala con 1,167.74 toneladas (9.8%) y México con 791.81 toneladas (6.6%), por lo que estas 3 entidades representaron el 72.5% de la producción nacional (SEDARH, 2025). Este vegetal es reconocido por su riqueza en vitaminas A, C, E y K, así como en minerales como calcio, hierro, magnesio y potasio (Abdo et al., 2020). Además, contiene compuestos bioactivos como flavonoides, betacarotenos y ácidos grasos omega-3, los cuales contribuyen a la salud cardiovascular, fortalecen el sistema inmunológico y poseen propiedades antioxidantes que protegen contra el daño celular (Almeida et al., 2025). El rendimiento de la acelga depende de diversos factores agronómicos y ambientales. Tradicionalmente, para incrementar su productividad, se emplean técnicas como la fertilización química, el riego controlado y el uso de pesticidas para el manejo de plagas y enfermedades. Sin embargo, estas prácticas pueden tener impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana, lo que ha motivado la búsqueda de alternativas más sostenibles (Stoica et al., 2025).

En este contexto, los bioestimulantes emergen como una opción ecológica en la producción agrícola. Estos productos, que incluyen sustancias naturales y microorganismos, promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas al mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes, aumentar la tolerancia al estrés abiótico y potenciar la calidad de los cultivos (Salazar Rodríguez et al., 2021). Los bioestimulantes actúan modulando procesos como la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de metabolitos secundarios. También, influyen en la actividad enzimática y en la producción de hormonas vegetales, optimizando el metabolismo y la adaptación de las plantas a condiciones adversas (Bartucca et al., 2022; Giannakoula et al., 2024).

En la agricultura, los extractos botánicos han ganado interés como alternativas naturales a los agroquímicos sintéticos, debido a su capacidad para mejorar la absorción de nutrientes, modular la expresión génica de rutas metabólicas clave y fortalecer las defensas naturales de las plantas contra factores de estrés biótico y abiótico (Franzoni et al., 2022). Los extractos obtenidos a partir de plantas arvenses representan una estrategia innovadora y sustentable en la producción agrícola. Estas plantas, comúnmente consideradas malezas, han desarrollado mecanismos de adaptación para prosperar en condiciones adversas, lo que las hace una fuente prometedora de compuestos bioactivos con potencial bioestimulante. Investigaciones han demostrado que extractos de arvenses pueden mejorar el crecimiento vegetal al inducir la producción de hormonas como auxinas, giberelinas y citocininas, además de poseer propiedades alelopáticas que pueden modular la germinación y el desarrollo de cultivos agrícolas (Almeida et al., 2024). Un ejemplo de especie arvense es la higuera que tiene potencial como bioestimulante.

La higuera (*Ricinus communis* L.), una planta originaria de África y ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales contiene compuestos bioactivos como alcaloides, flavonoides y terpenoides. Se le atribuyen actividades biológicas como propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes (Nour et al., 2024). Diversos estudios han explorado el uso de extractos vegetales como bioestimulantes en la agricultura. Por ejemplo, investigaciones han demostrado que la aplicación de extractos botánicos mejora el crecimiento y rendimiento en cultivos de tomate (Hernández-Soto et al., 2024) y lechuga (Moreno-Guerrero et al., 2024), evidenciando su potencial como alternativa sostenible a los agroquímicos convencionales. Sin embargo, no existen trabajos previos de la higuera como bioestimulante. Por lo anterior se consideró relevante evaluar el efecto de extractos de higuera (*Ricinus communis* L.) como bioestimulante en el rendimiento y calidad de la producción de acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*) para proponer prácticas agrícolas sustentables.

2. Antecedentes

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

Tabla 1. El uso de extractos de plantas como bioestimulantes en la agricultura. (Elaboración propia)

Extracto vegetal	Cultivo	Resultados en el cultivo	Referencia
<i>Rhus muelleri</i> , <i>R. virens</i> , <i>Flourensia microphylla</i> y <i>F. retinophylla</i>	Pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i> L.)	Promovió mayor peso de frutos por planta, volumen de fruto y rendimiento. Además, en frutos se observaron incrementos en contenido de vitamina C y Solidos Solubles Totales con <i>F. microphylla</i> y <i>R. muelleri</i> , respectivamente En general, los extractos promovieron mayor crecimiento, rendimiento y calidad de fruto de pimiento morrón.	(Jasso-Cantú et al., 2023)
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr. y <i>Moringa oleifera</i> Lam.	La Habichuela (<i>Vigna unguiculata</i> , L.)	Las plantas tratadas con M10 % y SS10 % presentaron mayor nodulación con respecto al control	(Márquez et al., 2023)
Nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>) y cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	Hojas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)	El extracto de nopal incrementó la concentración de P, Fe y Zn; mientras que el extracto de cilantro aumentó la concentración de N, P, Mg, Fe, Cu, Mn, B y Zn.	(Moreno-Guerrero et al., 2024)
Algas marinas	Pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.)	Se determinó que, los fertilizantes foliares aplicados en los tratamientos T2 (YODUO 2,5 L/ha), T3 (BIOZYME 2,0L/ha) y T4 (BIOZYME 2,5L/ha). El mayor crecimiento y rendimiento se obtuvo con T3 con respecto al resto de los tratamientos.	(Hidalgo Rosas et al., 2020)
Basfoliar Algae y Basfoliar Aktiv	Girasol (<i>Helianthus annuus</i> L.)	El bioestimulante Basfoliar Algae produjo plantas más altas con respecto al control.	(Garófalo León., 2017)

3. Marco teórico

3.1 Acelga

La acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*) (figura 1) es una hortaliza de hoja perteneciente a la familia Amaranthaceae, ampliamente cultivada por su valor nutricional y versatilidad culinaria. Su producción agronómica involucra prácticas como la preparación del suelo, siembra, manejo del riego y fertilización, control de plagas y enfermedades, así como la cosecha en el momento óptimo para asegurar calidad y rendimiento. La acelga es un cultivo de clima templado, aunque muestra una alta capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas (Puccinelli et al., 2022). Sin embargo, temperaturas extremas pueden afectar su desarrollo y calidad de las hojas. Se desarrolla mejor en suelos francos o franco-arenosos, con buen drenaje y ricos en materia orgánica. El pH óptimo se encuentra entre 6.0 y 7.5. La temperatura ideal para su crecimiento oscila entre 15 y 25 °C. Temperaturas por debajo de 10 °C pueden retrasar su crecimiento, mientras que valores superiores a 30 °C pueden inducir la floración prematura y afectar la calidad de las hojas. El cultivo requiere un nivel de humedad constante, pero sin encharcamiento. El riego debe ser frecuente y moderado para evitar el desarrollo de enfermedades radiculares (Paulauskien et al., 2023).

El ciclo fenológico de la acelga varía según las condiciones ambientales y el sistema de cultivo. Generalmente, la germinación ocurre entre 5 y 10 días después de la siembra. La primera cosecha puede realizarse entre 50 y 60 días tras la emergencia, y bajo buenas condiciones, la producción puede prolongarse por varios meses mediante cosecha escalonada. El rendimiento de la acelga depende del manejo agronómico y las condiciones ambientales. En cultivos comerciales bien manejados, el rendimiento puede oscilar entre 20 y 40 toneladas por hectárea (Mella et al., 2024). El estado con mayor producción es Puebla con más de 4 mil toneladas anuales. (secretaría de agricultura y desarrollo rural, 2020).



Figura 1. Cultivo de acelga

3.2 Principales Plagas y Enfermedades

En la Figura 2 se mencionan algunas principales plagas y enfermedades en el cultivo de acelga (Ruiz et al., 2017).

PLAGAS	ENFERMEDADES
Minador de la hoja (<i>Liriomyza spp.</i>): Provoca galerías en las hojas, reduciendo la capacidad fotosintética	Mildiu vellosa (<i>Peronospora farinosa</i>): Produce manchas cloróticas y un fieltro violáceo en el envés de las hojas
Pulgón (<i>Myzus persicae</i> y <i>Aphis fabae</i>): Succiona la savia, debilitando la planta y transmitiendo virus.	Cercosporiosis (<i>Cercospora beticola</i>): Ocasiona manchas circulares con un centro gris y borde rojizo
Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>): Produce deformaciones en las hojas y favorece la transmisión de virus.	Podredumbre radicular (<i>Rhizoctonia solani</i> y <i>Pythium spp.</i>): Causa marchitez y muerte de plántulas en etapas tempranas.
Orugas defoliadoras (<i>Spodoptera exigua</i> y <i>Pieris rapae</i>): Consumen el follaje, reduciendo el rendimiento	Virus del mosaico de la remolacha: Genera deformaciones y clorosis en el follaje

Figura 2. Principales plagas y enfermedades del cultivo de acelga. (Elaboración propia)

3.3 Higuierilla (*Ricinus communis* L.)

La higuierilla (*Ricinus communis* L.) es una planta perenne de rápido crecimiento perteneciente a la familia Euphorbiaceae. Puede alcanzar hasta 3 metros de altura en un año y presenta hojas palmeadas de gran tamaño con bordes aserrados. Sus flores son pequeñas y dispuestas en racimos, con una diferenciación clara entre flores masculinas y femeninas. El fruto es una cápsula espinosa que contiene semillas ricas en aceite (Nour et al., 2023). Contiene diversos compuestos bioactivos (Figura 3):

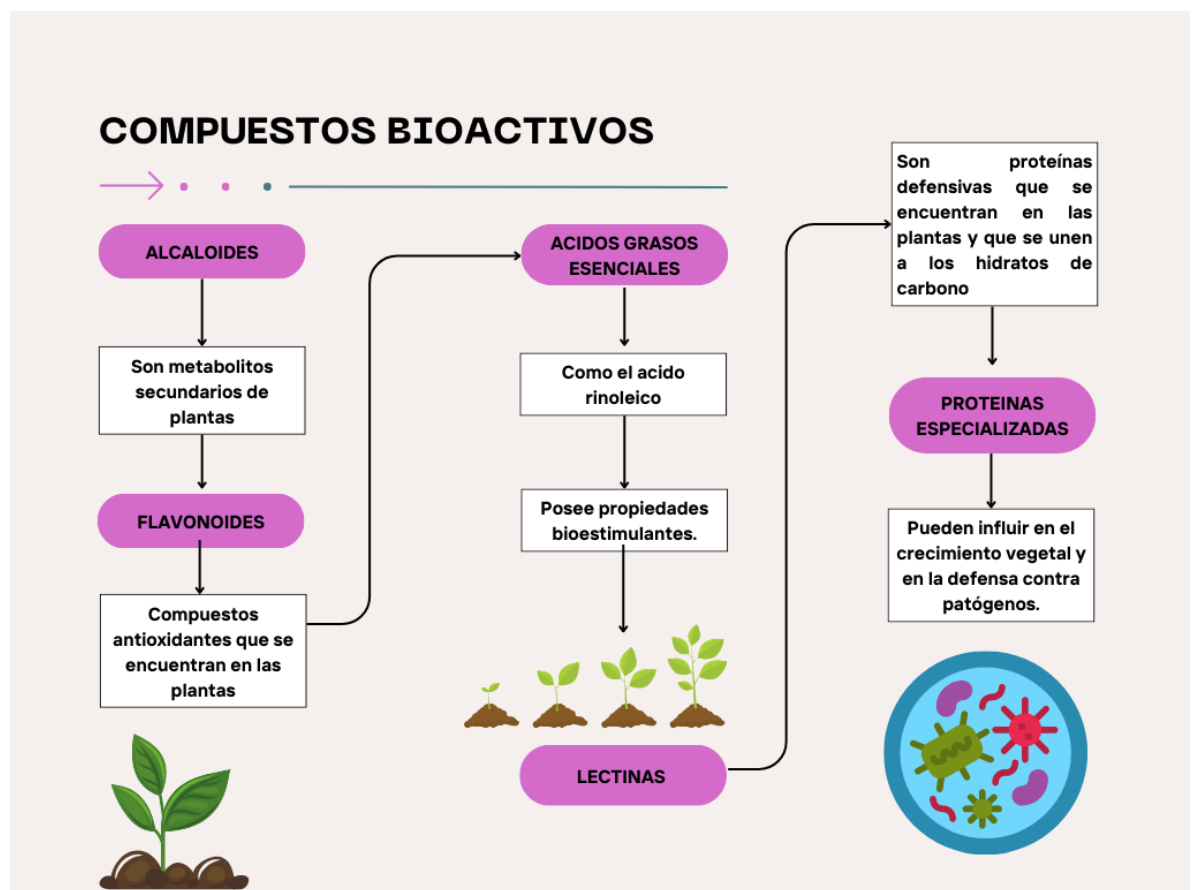


Figura 3. Compuestos bioactivos presentes en higuierilla. (Elaboración propia)

Históricamente, la higuera ha sido utilizada en diversas aplicaciones, tales como:

- I. **Producción de aceite de ricino:** Usado en la industria farmacéutica y cosmética.
- II. **Control de plagas y enfermedades:** Gracias a su contenido de compuestos tóxicos para ciertos insectos y patógenos.
- III. **Aplicaciones en biomedicina y biotecnología:** Debido a sus propiedades antivirales y antiinflamatorias.

Debido a su alto contenido de compuestos bioactivos, la higuera podría ser evaluada como un bioestimulante en la agricultura (Worbs et al., 2011).

3.4 Bioestimulantes en la producción de acelga

El uso de bioestimulantes en la producción de acelga representa una estrategia sostenible para mejorar el rendimiento y la resistencia del cultivo. Los bioestimulantes son productos derivados de fuentes naturales, como extractos vegetales, microorganismos benéficos, ácidos húmicos y fúlvicos, aminoácidos y algas marinas. Se utilizan en la agricultura con el objetivo de mejorar el crecimiento, desarrollo y resistencia de los cultivos a estreses abióticos y bióticos (Drobek y Cybulska, 2019).

Los bioestimulantes pueden aplicarse de diversas maneras, incluyendo: (1) aplicación foliar: Absorción rápida de nutrientes y compuestos bioactivos; (2) Tratamiento de semillas: Mejora la germinación y el establecimiento inicial del cultivo y (3) Aplicación al suelo: Favorece la microbiota benéfica y mejora la absorción de nutrientes.

Los bioestimulantes pueden mejorar el crecimiento radicular, estimular la síntesis de auxinas y citoquininas, promoviendo un desarrollo radicular robusto, aumentar la absorción de nutrientes, facilitando la disponibilidad de elementos esenciales en el suelo, aumentar la tolerancia al estrés abiótico, incrementando la producción de osmoprotectores y enzimas antioxidantes (Wazeer et al., 2024). Además, pueden

reducir el uso de fertilizantes químicos ya que optimizan el metabolismo vegetal. El uso de bioestimulantes en el cultivo de acelga es una estrategia innovadora y ecológica que permite optimizar la producción sin comprometer la sostenibilidad del agroecosistema. Esta tecnología agrícola contribuye a la reducción del impacto ambiental y al fortalecimiento de los sistemas productivos mediante la aplicación de compuestos naturales que mejoran la fisiología de las plantas y su respuesta al entorno (Di Sario et al., 2025).

Los bioestimulantes aplicados fueron: Dos comerciales (Bioactivado y Humisil®), y los restantes (lixiviado de estiércol bovino, lixiviado de vermicompost de estiércol bovino, lixiviado de gallinaza, biol artesanal, microorganismos eficientes). La aplicación de estos bioestimulantes produjo resultados que igualaron o superaron a la fertilización con NPK en todas las variables relacionadas con el crecimiento vegetativo. En cuanto al rendimiento, las dos diluciones de lixiviados de vermicompost de estiércol bovino fueron significativamente superiores a la fertilización con NPK; el tratamiento con microorganismos eficientes 1/20 (v/v) no difirió de los tratamientos con lixiviados ni del tratamiento fertilizado con NPK; a su vez, la fertilización con NPK no mostró diferencias significativas con la dilución 1/10 (v/v) de microorganismos eficientes. Es decir, la aplicación de cualquiera de los dos bioestimulantes siempre condujo a rendimientos iguales o superiores a los obtenidos con NPK (Ardisana, 2020).

3.5 Extractos vegetales como bioestimulantes

Los extractos vegetales han emergido como bioestimulantes prometedores para mejorar el crecimiento y la resistencia de las plantas frente a condiciones adversas. Estos extractos, ricos en una variedad de compuestos bioactivos, actúan como agentes que estimulan procesos fisiológicos y metabólicos clave en las plantas, promoviendo su desarrollo saludable y su capacidad para resistir factores de estrés como enfermedades, sequías o altas temperaturas (Colla et al., 2014).

Los metabolitos secundarios, compuestos que no son esenciales para la supervivencia inmediata de la planta pero que desempeñan funciones importantes

en su interacción con el ambiente, son clave en este proceso. Estos metabolitos incluyen (Cenobio-Galindo et al., 2024):

- ❖ **Alcaloides:** Tienen propiedades antimicrobianas y defensivas, ayudando a la planta a repeler herbívoros y patógenos. También pueden influir en la regulación del crecimiento celular.
- ❖ **Flavonoides:** Actúan como antioxidantes, protegiendo a las células vegetales del daño causado por los radicales libres. Además, tienen un rol en la regulación de la fotosíntesis y la adaptación a las condiciones de luz.
- ❖ **Terpenoides:** Estos compuestos tienen propiedades antimicrobianas y antifúngicas, y juegan un papel importante en la defensa contra plagas y patógenos. Además, están involucrados en la señalización y respuesta a factores ambientales.
- ❖ **Ácidos fenólicos:** Actúan como antioxidantes, ayudando a las plantas a gestionar el estrés oxidativo. También contribuyen a la protección contra patógenos y mejoran la capacidad de las plantas para tolerar el estrés hídrico.
- ❖ **Saponinas:** Tienen efectos antiinflamatorios y antifúngicos, y mejoran la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades.

La aplicación de extractos vegetales ricos en estos metabolitos secundarios puede mejorar la fisiología de la planta, promoviendo un crecimiento más vigoroso, un aumento en la producción de flores y frutos, y una mayor resistencia a factores bióticos y abióticos. Estos beneficios hacen que los extractos vegetales sean una opción cada vez más popular en la agricultura sostenible, ofreciendo una alternativa ecológica a los productos químicos convencionales (Márquez et al., 2023).

3.6 Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es un sistema de producción que busca cultivar alimentos y otros productos agrícolas sin el uso de productos químicos sintéticos, como pesticidas, fertilizantes artificiales, herbicidas y aditivos. Su enfoque está en

prácticas que respeten y favorezcan los procesos naturales del ecosistema, promoviendo la biodiversidad, la salud del suelo, el bienestar de los animales y la sostenibilidad a largo plazo (Malinowski et al., 2024).

La importancia de la agricultura orgánica radica en varios aspectos clave:

1. **Sostenibilidad ambiental:** La agricultura orgánica favorece el uso de prácticas que mejoran la calidad del suelo, reducen la contaminación del agua y conservan la biodiversidad. Al evitar productos químicos sintéticos, se minimiza el impacto negativo sobre los ecosistemas, promoviendo un ambiente más saludable tanto para las plantas como para los animales y los seres humanos (Ströbel, 2024).
2. **Salud pública:** Los productos orgánicos, al no contener residuos de químicos sintéticos, son considerados más seguros para el consumo humano, lo que es especialmente relevante en términos de salud a largo plazo. Además, algunos estudios sugieren que los alimentos orgánicos pueden contener más nutrientes y menos residuos de pesticidas, contribuyendo a una alimentación más saludable (Panday et al., 2024).
3. **Bienestar de los animales:** En la agricultura orgánica, se busca garantizar un trato ético hacia los animales, proporcionándoles mejores condiciones de vida y acceso a un ambiente natural. Esto se traduce en prácticas de manejo que favorecen el bienestar animal, como el acceso a pastos, el espacio suficiente para moverse y la eliminación de hormonas de crecimiento o antibióticos.
4. **Desarrollo rural y economía local:** La agricultura orgánica tiende a ser más intensiva en mano de obra, lo que puede generar empleo local y mejorar las economías rurales. Además, fomenta la creación de cadenas de valor sostenibles y mercados locales, lo que contribuye a una distribución más equitativa de los beneficios.

En cuanto a la regulación de la agricultura orgánica, existen normativas y estándares internacionales y nacionales que buscan asegurar la integridad de los

productos orgánicos. Entre los más importantes destacan (Cenobio-Galindo et al., 2024):

- **Normas internacionales:** La Regulación (CE) 834/2007 de la Unión Europea y la NOM-021-SAGARPA en México son ejemplos de normativas que rigen la producción orgánica. Estas regulaciones definen qué prácticas y productos están permitidos en la producción orgánica y cómo deben ser certificadas las fincas y productos.
- **Certificación y etiquetado:** Para que un producto sea etiquetado como orgánico, debe ser evaluado y certificado por una entidad acreditada. La certificación garantiza que el productor sigue los lineamientos establecidos por las normativas orgánicas, lo que asegura la transparencia y la confianza del consumidor.
- **Sistemas de control:** Las autoridades competentes realizan inspecciones periódicas de las fincas, laboratorios y procesos de producción para asegurar que se cumplan las normativas y que no haya contaminación con productos no permitidos.

El marco regulatorio de la agricultura orgánica busca no solo garantizar la calidad y autenticidad de los productos, sino también promover la confianza en los consumidores y fomentar el crecimiento de la agricultura orgánica de manera global, contribuyendo a una agricultura más respetuosa con el medio ambiente y la salud pública (Diacono et al., 2021; Akanmu et al., 2023).

4. Justificación

La creciente preocupación por los impactos negativos de los productos químicos sintéticos en la agricultura y el medio ambiente ha impulsado el interés en alternativas más sostenibles y ecológicas, como el uso de bioestimulantes naturales. En este contexto, los extractos de plantas como la higuera (*Ricinus communis* L.) han demostrado ser una opción prometedora debido a su potencial para mejorar el rendimiento de los cultivos y la calidad de la producción sin generar efectos adversos para el ecosistema ni la salud humana.

La acelga (*Beta vulgaris* var. cicla) es un cultivo de importancia económica y nutricional, se ve afectada por diversas condiciones ambientales y prácticas de manejo agrícola convencionales que pueden comprometer su rendimiento y calidad. Los bioestimulantes derivados de extractos vegetales como el de higuera podrían contribuir a mejorar la fisiología de las plantas de acelga, promoviendo un crecimiento más vigoroso, mayor resistencia a plagas y enfermedades, y una mejor calidad nutricional de las hojas, todo dentro de un enfoque agroecológico.

El uso de extractos de higuera como bioestimulante puede ofrecer una alternativa viable para incrementar la producción de acelga de manera sostenible. Al evaluar su impacto sobre el rendimiento y la calidad de este cultivo, se busca proporcionar datos científicos que respalden prácticas agrícolas más amigables con el medio ambiente, fomentando la adopción de métodos naturales y ecológicos en la producción agrícola. Esto no solo promovería la sostenibilidad de los sistemas de cultivo, sino también la reducción de la dependencia de productos químicos sintéticos, mejorando a su vez la salud del suelo, la biodiversidad y la seguridad alimentaria. Por lo tanto, este proyecto es relevante en el marco de la búsqueda de soluciones agrícolas innovadoras, accesibles y responsables, alineadas con los principios de la agricultura orgánica y sostenible.

5. Hipótesis

El uso de extractos de higuera (*Ricinus communis* L.) como bioestimulante en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* var. cicla) incrementará el rendimiento y mejorará la calidad de la producción, favoreciendo el crecimiento de la planta, la producción de clorofila y otras características fisiológicas como la altura de la planta, el diámetro del tallo, la longitud de la raíz, el número de hojas y el diámetro de la hoja.

6. Objetivo general

Evaluar el efecto bioestimulante de los extractos de higuera (*Ricinus communis* L.) en el rendimiento y calidad de la producción de acelga (*Beta vulgaris* var. cicla), promoviendo prácticas agrícolas sustentables.

7. Objetivos específicos

Establecer diferentes concentraciones de higuera mediante variables de crecimiento en acelga para determinar el efecto de bioestimulante.

Establecer diferentes concentraciones de higuera mediante la variable de desarrollo en acelga para determinar su efecto bioestimulante.

Evaluar el rendimiento en el cultivo de acelga con el uso de bioestimulante a base de la higuera.

8. Material y métodos

8.1 Ubicación del área de estudio y establecimiento del cultivo

El estudio se realizó en Tlanalapa, Hidalgo, entre los paralelos 20° 49'01" de latitud norte y 98° 36'07" de longitud oeste, a una altitud de 2,460 m s. n. m., cuenta con un clima templado-frío, registra una temperatura media anual de 16° C., con una precipitación pluvial de 490 milímetros por año y el período de lluvias es de marzo a septiembre (de Hidalgo, 2011). En una parcela de 100 m², con un tipo de suelo semidesértico rico en materias orgánicas y nutrientes, pH de 6.7, capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 30 cmol/kg, y un contenido de materia orgánica del 4 % (Acevedo-Sandoval et al., 2010). Se realizaron camas de 40 cm de alto y 90 cm de ancho, dejando un pasillo de 80 cm; Además se empleó un acolchado negro para evitar el crecimiento de malezas. El material vegetal se obtuvo mediante el trasplante de acelga. Para la nutrición del cultivo se utilizó una solución Steiner (1961) adaptada a cada etapa y un sistema de drenaje por riego por goteo con diferentes niveles de riego en cada fase de crecimiento teniendo en cuenta la dinámica en el manejo, ambiente y desarrollo del cultivo (Hernández-Soto et al., 2024). Dentro de los labores culturales se realizaron deshierbes para mantener la sanidad en el cultivo.

8.2 Elaboración del bioestimulante y aplicación de los tratamientos

Se recolectaron muestras al azar de tallos con hojas de Higuierilla en etapa de desarrollo vegetativo, en el periodo de primavera en la región de Cuauhtépec de Hinojosa, Hidalgo, México, ubicada a 20 ° 09' 00" N, 98'00" W, a una altitud entre 2,200-2,900 m.s.n.m con una temperatura media anual de 20 °C. Las muestras colectadas fueron depositadas en bolsas de plástico y transportadas al laboratorio de Aprovechamiento Agroindustrial de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Inmediatamente las hojas se separaron de los tallos. Las hojas

frescas de la planta fueron lavadas para eliminar impurezas y posteriormente secadas a temperatura ambiente por 30 días. Una vez deshidratadas, se trituraron hasta obtener un material homogéneo. Para la extracción de los compuestos bioactivos, se utilizó una proporción de 100 g de material vegetal por litro de agua, permitiendo la maceración por 24 horas con una agitación de 35 minutos cada 4 horas. Posteriormente, el extracto fue filtrado y concentrado mediante un evaporador rotatorio (Büchi R-215, Flawil, Switzerland) por 4 horas a una temperatura de 50 °C y presión de 50 mbar, como lo indicó el equipo. Ajustando la presión para evitar la degradación térmica de los metabolitos secundarios. El concentrado obtenido fue almacenado en frascos de vidrio y refrigerado a 4°C hasta su uso (Sasidharan et al., 2011). Este se aplicó cada semana en las mañanas por 4 semanas con un atomizador manual. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar. Con cinco tratamientos: 5, 10 y 15 mL de bioestimulante y 2 mL de adherente Bionex mezclados en 50 mL de agua, biofertilizante “Permacultura Cromax ©” dosis recomendada por el fabricante, y un control que consistió en solo agua y cuarenta repeticiones por tratamiento. La primera aplicación se realizó una semana después de la siembra, los tratamientos se aplicaron en el riego y foliar.

8.3 Análisis agronómicos

Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables agronómicas de las plantas de acelga se consideraron las siguientes variables: altura de la planta se midió con un flexómetro (Modelo PRO-8ME-R, TRUPER, CDMX, México) desde la base de la superficie de la planta hasta el ápice del crecimiento (cm), número de hojas con un conteo visual, longitud de la raíz con una cinta métrica (cm), Diámetro del tallo (mm) con un vernier digital modelo CALDI-6MP (Truper, MexicoTM). El Diámetro de la hoja (cm) se midió con un flexómetro (Modelo PRO-8ME-R, TRUPER, CDMX, México), clorofila; Las lecturas SPAD se tomaron un día antes de cada riego en 5 plantas por tratamiento. Cada medición se realizó en la hoja más joven completamente expandida, en la parte media entre la base y el ápice y a la mitad entre la nervadura central y el borde de la hoja (González-Torres et al., 2009) con

un medidor SPAD modelo -502Plus- Minolta, CDMX, México. El rendimiento se determinó mediante la cosecha de la parte aérea a 90 DDT considerando hojas y tallo de cada planta.

8.4 Análisis estadístico

Para analizar las variables agronómicas se realizó un análisis de varianza y la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de medias de Fisher ($\alpha = 0,05$). Todos los procedimientos estadísticos se realizaron utilizando el software Infostat 2020. Adicionalmente, se realizó una correlación de Spearman, utilizando el software estadístico R 4.1.2.

9. Resultados y discusión

Los resultados indicaron que los tratamientos 15F y 10F presentaron los mayores incrementos en estas variables en comparación con el control. En particular, el tratamiento 15F mostró un aumento del 46.04 % en altura (Figura 4A), 75 % en número de hojas (Figura 4B), 42.40 % en diámetro de la hoja (Figura 4C) y 36.57 % en clorofila (Figura 4D), reflejando una mejora significativa en la fisiología de las plantas. De manera similar, el tratamiento 10F también reportó incrementos considerables en todas las variables, lo que sugiere un efecto positivo de estos tratamientos en el desarrollo vegetal. El incremento en la altura de la planta y en el número de hojas sugiere una mayor actividad meristemática y una regulación positiva de la división y elongación celular, procesos que pueden estar mediados por hormonas como las auxinas y giberelinas. El aumento en el diámetro de la hoja y en el contenido de clorofila implica una mayor capacidad fotosintética, lo que se traduce en una mayor producción de carbohidratos y, en consecuencia, un mayor suministro de energía para el crecimiento y desarrollo de la planta (Khan et al., 2017; du Jardin, 2015).

El incremento en la clorofila puede estar relacionado con una mayor eficiencia en la captación de luz y en la actividad del fotosistema II, lo que favorece la producción de ATP y NADPH en la fase luminosa de la fotosíntesis. Este fenómeno ha sido reportado en estudios previos, donde el uso de bioestimulantes y extractos vegetales ha mejorado la síntesis de clorofila y la eficiencia fotosintética, promoviendo el crecimiento vegetal (Khan et al., 2017; du Jardin, 2015). Además, la acumulación de biomasa observada en los tratamientos 15F y 10F sugiere una regulación positiva de la actividad enzimática involucrada en la asimilación de carbono, como la Rubisco, lo que podría explicar el aumento en el número de hojas y su relación con la producción de fotoasimilados.

Comparando estos resultados con otras investigaciones, estudios sobre bioestimulantes a base de extractos de leguminosas han reportado efectos similares en cultivos como tomate y maíz, donde se ha observado un aumento en la altura de

la planta y en la eficiencia fotosintética debido a la presencia de compuestos bioactivos como fenoles, flavonoides y aminoácidos libres (Rouphael y Colla, 2020). De manera similar, investigaciones sobre la aplicación de reguladores de crecimiento han mostrado que combinaciones de auxinas y citoquininas pueden inducir un mayor crecimiento vegetativo, lo que concuerda con el aumento en el número de hojas y en la biomasa aérea observado en este estudio (Van Straten et al., 2019).

El tratamiento 10F también reportó incrementos considerables en todas las variables, lo que sugiere un efecto positivo de estos tratamientos en el desarrollo vegetal. Esto podría estar asociado con una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y una mejor actividad enzimática en rutas metabólicas clave, como la del ciclo de los ácidos tricarboxílicos, que contribuye a la producción de precursores para la síntesis de biomoléculas esenciales para el crecimiento celular. En conjunto, estos hallazgos refuerzan la importancia de la aplicación de bioestimulantes en la promoción del crecimiento vegetal y en la optimización de la eficiencia fotosintética, aspectos clave en la producción agrícola sustentable (González y Pacheco, 2022).

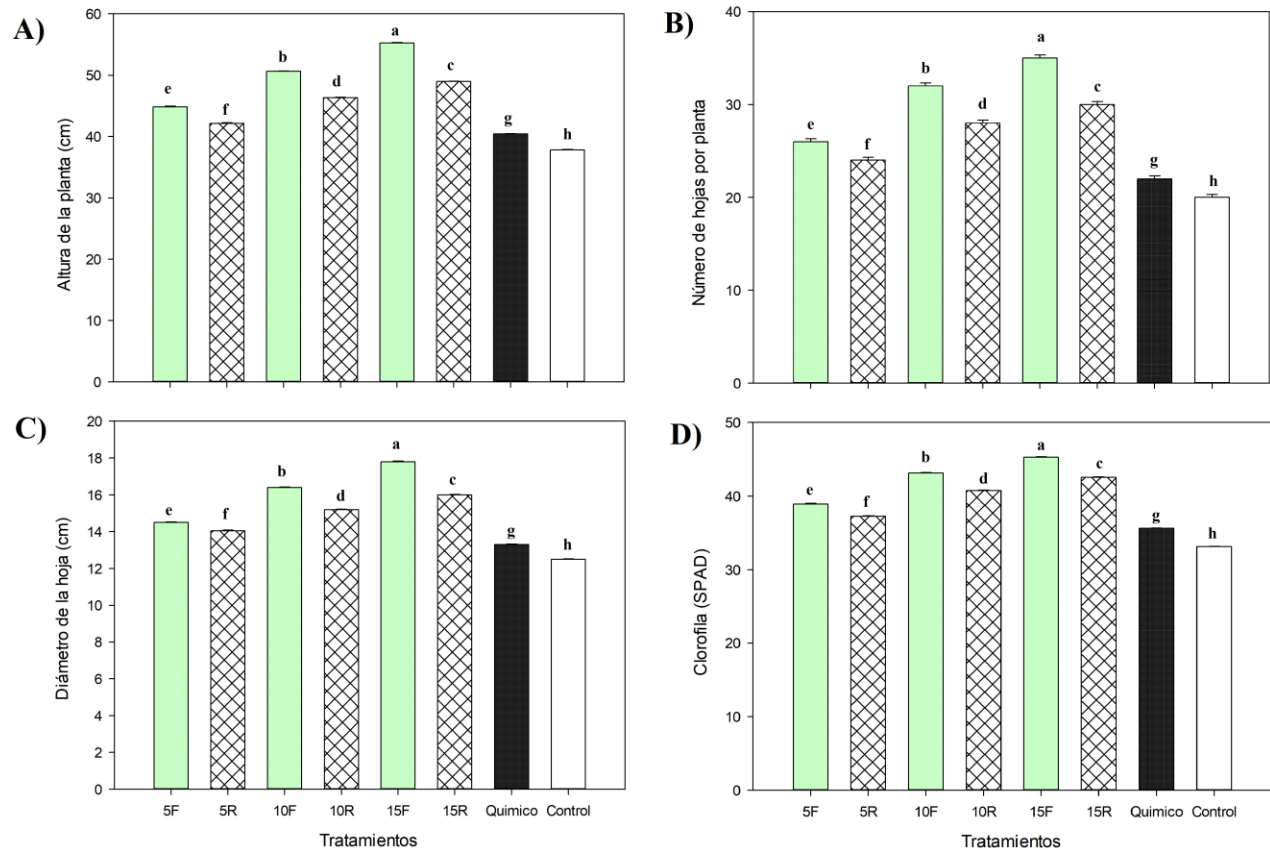


Figura 4. A) Altura de la planta; 4B) Número de hojas por planta; 4C) Diámetro de la hoja; 4D) Clorofila. F= Foliar; R= Riego, 5, 10 y 15 mL de bioestimulante de higuierilla por cada 50 mL de agua; Químico= Fertilizante convencional; Control: Agua. Las barras representan el error estándar de la media de acuerdo con la prueba de diferencia mínima significativa de LSD de Fisher ($\alpha = 0,05$); $n = 40$ error estándar.

El diámetro del tallo (Figura 5A) y la longitud de la raíz (Figura 5B) también fueron beneficiados por los tratamientos aplicados. Los mayores incrementos en el diámetro del tallo (Figura 5A) se observaron en los tratamientos 15F y 10F, con un aumento del 33.69 % y 28.26 %, respectivamente, en comparación con el control. En cuanto a la longitud de la raíz (Figura 5B), el tratamiento 15F presentó el mayor incremento con un 38.01 %, seguido del tratamiento 10F con un 30.52 %. Estos resultados indican una mejora estructural significativa en las plantas sometidas a estos tratamientos, lo que podría estar relacionado con una mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes.

Finalmente, el rendimiento fue una de las variables más impactadas por los tratamientos evaluados. Se observó que el tratamiento 15F obtuvo el mayor incremento en rendimiento, con un 89.16% en comparación con el control, seguido por el tratamiento 10F con un aumento del 76.51%. Este crecimiento radicular más extenso podría estar asociado con una mayor producción de fitohormonas como las auxinas, que estimulan la elongación celular y la proliferación de raíces laterales, facilitando la exploración del suelo y la absorción de agua y nutrientes. Las auxinas se encuentran en la planta en mayores cantidades en las partes donde se presentan procesos activos de división celular, lo cual se relaciona con sus funciones fisiológicas asociadas con la elongación de tallos y coleóptilos, formación de raíces adventicias, inducción de floración, diferenciación vascular, algunos tropismos y promoción de la dominancia apical (McSteen y Zhao 2008). Bioquímicamente, este efecto puede deberse a una mayor actividad enzimática en la zona de elongación de la raíz, favoreciendo la remodelación de la pared celular y el transporte de protones, lo que facilita la expansión celular. Estudios previos han demostrado que la aplicación de bioestimulantes a base de extractos vegetales puede inducir un aumento en la biosíntesis de ácido indolacético (AIA), lo que favorece el desarrollo radicular y mejora la eficiencia en la captación de nutrientes esenciales como el nitrógeno y el fósforo (Canellas et al., 2015; Bulgari et al., 2019).

Finalmente, el rendimiento (Figura 5C) fue una de las variables más impactadas por los tratamientos evaluados. Se observó que el tratamiento 15F obtuvo el mayor incremento en rendimiento, con un 89.16 % en comparación con el control, seguido por el tratamiento 10F con un aumento del 76.51 %. Desde un punto de vista fisiológico, este aumento en el rendimiento puede atribuirse a la mejora en la eficiencia fotosintética y en la translocación de carbohidratos desde las hojas hacia los órganos de almacenamiento y fructificación. Bioquímicamente, la mayor acumulación de azúcares solubles y almidón en los tejidos de la planta podría explicar la mayor producción de biomasa y rendimiento. Investigaciones previas han reportado que el uso de bioestimulantes ricos en aminoácidos y compuestos fenólicos puede incrementar la tasa fotosintética y mejorar la tolerancia a condiciones de estrés, lo que se traduce en un mayor rendimiento en cultivos como tomate, maíz y hortalizas de hoja (Rouphael y Colla, 2020; Lucini et al., 2018).

Comparando estos resultados con otros estudios, se ha demostrado que la aplicación de bioestimulantes derivados de extractos de leguminosas y algas marinas puede aumentar significativamente el desarrollo radicular y el rendimiento de los cultivos. Por ejemplo, en estudios con cultivos de hortalizas, se ha observado que el uso de extractos de algas promueve el crecimiento radicular y mejora la eficiencia en la absorción de nutrientes, lo que se refleja en una mayor producción de biomasa y rendimiento (Calvo et al., 2014). De manera similar, se ha reportado que la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos puede estimular la actividad enzimática en la rizosfera, facilitando la disponibilidad de nutrientes y mejorando la capacidad de retención de agua en el suelo (Canellas et al., 2015).

En conjunto, estos hallazgos sugieren que los tratamientos 15F y 10F han promovido una mejora estructural y funcional en las plantas, lo que se refleja en un mayor diámetro del tallo, una mayor longitud de raíz y un incremento significativo en el rendimiento. Estos efectos pueden atribuirse a una combinación de factores fisiológicos y bioquímicos, incluyendo la regulación hormonal, la mejora en la eficiencia fotosintética y la optimización del transporte de nutrientes. La evidencia científica respalda la aplicación de bioestimulantes como una estrategia eficaz para

mejorar el crecimiento y la productividad de los cultivos, destacando su potencial en la agricultura sustentable.

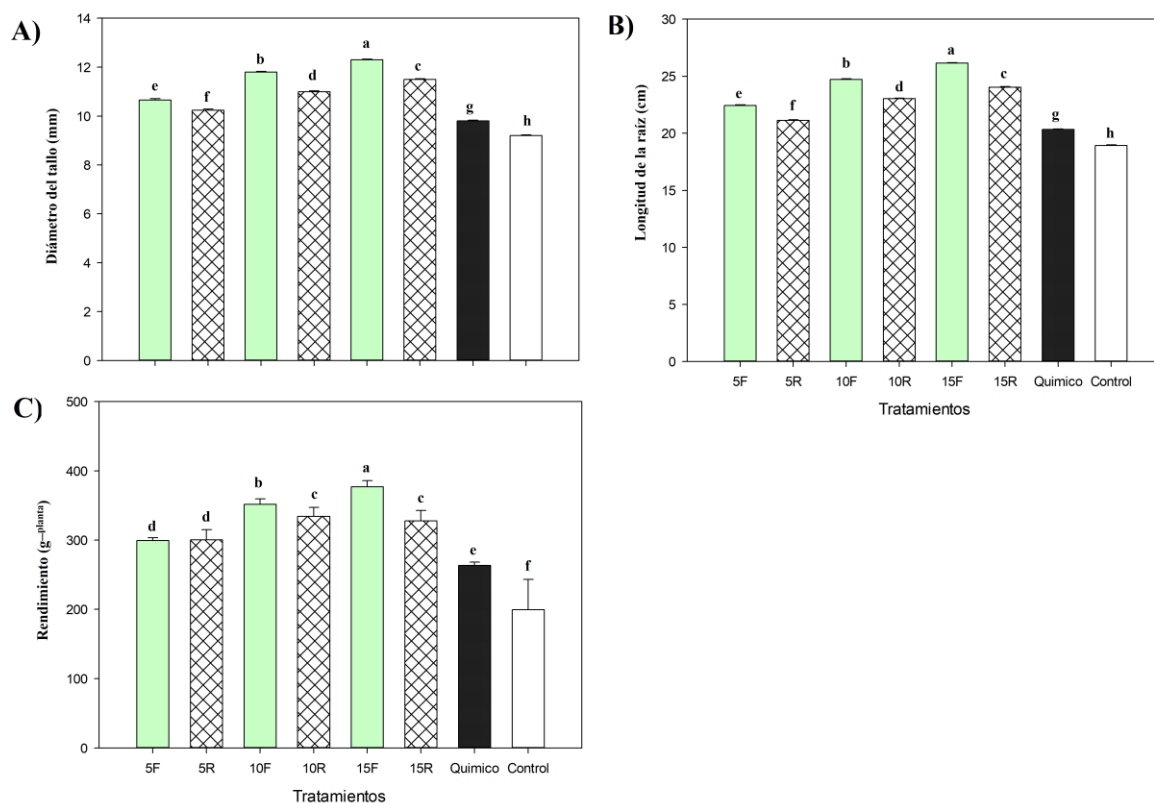


Figura 5 A) Diámetro del tallo; 5B) Longitud de la raíz; 5C) Rendimiento. F= Foliar; R= Riego, 5, 10 y 15 mL de extracto de higuierilla por cada 50 mL de agua; Químico= Fertilizante convencional; Control: Agua. Las barras representan el error estándar de la media de acuerdo con la prueba de diferencia mínima significativa de LSD de Fisher ($\alpha = 0,05$); $n = 40$ error estándar.

El análisis de correlación de Spearman (Figura 6) reveló una relación positiva y significativa entre las variables agronómicas evaluadas. Se observó una alta correlación entre la altura de la planta y el número de hojas ($r = 0.99^{***}$), así como entre la altura de la planta y el diámetro del tallo ($r = 0.99^{***}$), lo que indica que el crecimiento en altura está estrechamente ligado al desarrollo foliar y estructural de la planta.

De manera similar, la longitud de la raíz mostró una fuerte correlación con el número de hojas ($r = 0.99^{***}$), sugiriendo que un sistema radicular más desarrollado favorece la producción de biomasa aérea. Por otro lado, el contenido de clorofila presentó una correlación positiva con el diámetro de la hoja ($r = 0.99^{***}$) y con la altura de la planta ($r = 0.78^{***}$), lo que sugiere que un mayor contenido de clorofila está asociado con un crecimiento más vigoroso y eficiente en términos de fotosíntesis. Finalmente, el rendimiento mostró una correlación significativa con la clorofila ($r = 0.78^{***}$), número de hojas ($r = 0.78^{***}$) y diámetro de la hoja ($r = 0.77^{***}$), lo que indica que las plantas con mayor capacidad fotosintética y desarrollo estructural tienden a producir una mayor biomasa cosechable (Astúa-Ureña et al., 2021). En contraste, la variable tratamiento mostró correlaciones negativas moderadas con las variables de crecimiento (-0.15 a -0.27), lo que podría reflejar la influencia diferencial de los tratamientos en el desarrollo de la acelga. No hubo ningún experimento que coincidiera ya que la información que se conoce es limitada.

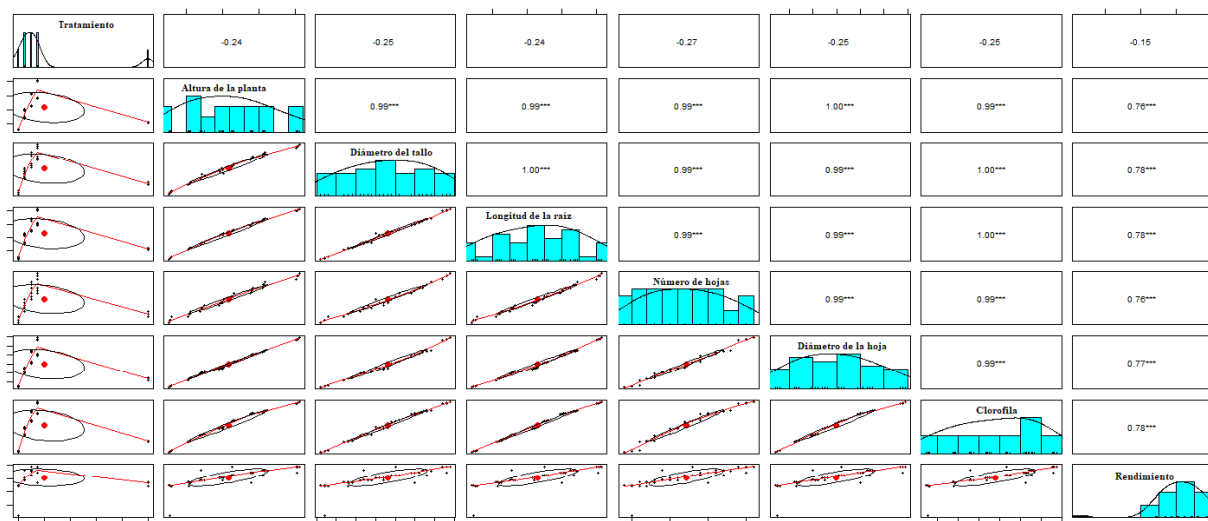


Figura 6. Correlación de Spearman en las variables agronómicas de acelga

10. Conclusión

Con los resultados obtenidos de esta investigación se demostró que el extracto a base de (*Ricinus communis* L.), tiene un impacto positivo en el rendimiento y calidad de la acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*). Su aplicación incrementó significativamente variables agronómicas como la altura de la planta, número de hojas, longitud de la raíz, diámetro del tallo, diámetro de la hoja y clorofila, por lo que se sugiere su potencial como bioestimulante en este cultivo. En particular el tratamiento 15F mostró el mejor desempeño en el número de hojas, en el diámetro de las hojas, en la clorofila y obtuvo el mayor rendimiento. El uso de extractos vegetales puede ser una alternativa para sustituir el uso de fertilizantes químicos y así reducir el impacto ambiental en la agricultura sin comprometer la productividad. En este experimento no hubo presencia de plagas y enfermedades.

11. Referencias

- Abdo, E., El-Sohaimy, S., Shaltout, O., Abdalla, A., & Zeitoun, A. (2020). Nutritional evaluation of beetroots (*Beta vulgaris* L.) and its potential application in a functional beverage. *Plants*, 9(12), 1-17. <https://doi.org/10.3390/plants9121752>
- 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*.
- Aguilar, M., Melgarejo, L. M., & Romero, M. (2007). Fitohormonas. *Departamento de biología. Universidad de Colombia. Bogotá*.
- Astúa-Ureña, M., Campos-Granados, C. M., & Rojas-Bourrillon, A. (2021). Efecto de la fertilización nitrogenada y la edad de rebrote sobre las características morfológicas y rendimiento agronómico del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) ecotipo INTA-Quepos. *Nutrición Animal Tropical*, 15(1), 1-18.
- Akanmu, A. O., Olowe, O. M., Phiri, A. T., Nirere, D., Odebode, A. J., Karemera Umuhiza, N. J., & Babalola, O. O. (2023). Bioresources in organic farming: implications for sustainable agricultural systems. *Horticulturae*, 9(6), 659. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060659>
- Almeida, A. G., Guerrero, Y. R., & Vázquez, M. D. L. C. N. (2024). Métodos para la obtención de extractos de macroalgas y cianobacterias, evaluación de sus actividades biológicas. *Cultivos Tropicales*, 45(1), 1-9.
- Almeida, D., Petropoulos, S. A., da Silveira, T. F., Pires, T. C., Ferreira, I. C., Fernandes, Â., & Barros, L. (2025). Exploring the Biochemical Profile of *Beta vulgaris* L.: A Comparative Study of Beetroots and Swiss Chard. *Plants*, 14(4), 1-18. <https://doi.org/10.3390/plants14040591>
- Bartucca, M. L., Cerri, M., Del Buono, D., & Forni, C. (2022). Use of biostimulants as a new approach for the improvement of phytoremediation performance—A Review. *Plants*, 11(15), 1-25. <https://doi.org/10.3390/plants11151946>
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383, 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
- Cenobio-Galindo, A. D. J., Hernández-Fuentes, A. D., González-Lemus, U., Zaldívar-Ortega, A. K., González-Montiel, L., Madariaga-Navarrete, A., & Hernández-Soto, I. (2024). Biofungicides based on plant extracts: On the road to organic farming. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(13), 6879. <https://doi.org/10.3390/ijms25136879>

- Colla, G., Rouphael, Y., Canaguier, R., Svecova, E., & Cardarelli, M. (2014). Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in plant science*, 5, 448. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00448>
- de Hidalgo, G. D. E. (2011). Secretaría de Planeación, Desarrollo Regional y Metropolitano. <http://docencia.uaeh.edu.mx/estudios-pertinencia/docs/hidalgo-municipios/Tlanalapa-Enciclopedia-De-Los-Municipios.pdf>
- Di Sario, L., Boeri, P., Matus, J. T., & Pizzio, G. A. (2025). Plant Biostimulants to Enhance Abiotic Stress Resilience in Crops. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(3), 1129. <https://doi.org/10.3390/ijms26031129>
- Diacono, M., Trinchera, A., & Montemurro, F. (2021). An overview on agroecology and organic agriculture strategies for sustainable crop production. *Agronomy*, 11(2), 223. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020223>
- Drobek, M., Frąc, M., & Cybulska, J. (2019). Plant biostimulants: Importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress—A review. *Agronomy*, 9(6), 335. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060335>
- 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>
- Franzoni, G., Cocetta, G., Prinsi, B., Ferrante, A., & Espen, L. (2022). Biostimulants on crops: Their impact under abiotic stress conditions. *Horticulturae*, 8(3), 189. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189>
- Garófalo León, I. D. (2017). Respuesta del cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.) a la aplicación de dos bioestimulantes orgánicos en la zona de Pangua (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- Giannakoula, A., Ouzounidou, G., Stefanou, S., Daskas, G., & Dichala, O. (2024). Effects of Biostimulants on the Eco-Physiological Traits and Fruit Quality of Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.). *Plants*, 13(21), 1–15. <https://doi.org/10.3390/plants13213014>
- González, R. G. G., & Pacheco, I. T. (2022). Manejo del estrés vegetal como una estrategia para una agricultura sostenible (Vol. 3). *Universidad Almería*.
- González-Torres, A., Figueroa-Viramontes, U., Delgado, J. A., Núñez-Hernández, G., Cueto-Wong, J. A., Preciado-Rangel, P., & Palomo-Gil, A. (2009). Calibración del SPAD-502 para evaluar requerimientos de nitrógeno en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 303-309.

- Héctor-Ardisana, E., Torres-García, A., Fosado-Téllez, O., Peñarrieta-Bravo, S., Solórzano-Bravo, J., Jarre-Mendoza, V., & Montoya-Bazán, J. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 41(4).
- Hernández-Soto, I., González-García, Y., Juárez-Maldonado, A., & Hernández-Fuentes, A. D. (2024). Impact of *Argemone mexicana* L. on tomato plants infected with *Phytophthora infestans*. *PeerJ*, 12, 1-28. <https://doi.org/10.7717/peerj.16666>
- Hidalgo Rosas, R. J. (2020). Evaluación del rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) ante la aplicación de bioestimulantes a base de algas marinas en la zona de Simón Bolívar provincia del Guayas (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2020). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/7976>
- Jasso de Rodríguez, D., Rocha-Rivera, M. F., Ramírez-Rodríguez, H., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Díaz-Jiménez, L. V., Rodríguez-García, R., & Carrillo-Lomelí, D. A. (2023). Extractos de plantas como bioestimulantes de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en pimiento morrón. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(2). DOI: <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3559>
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 386–399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
- Malinowski, M., Smutka, L., & Sadowski, A. (2024). Organic Farming as a Driver of Environmental Benefits or the Other Way Around? Environmental Conditions vs. Organic Farming Development in the EU with Particular Focus on Poland. *Agriculture*, 14(11), 1950. <https://doi.org/10.3390/agriculture14111950>
- Márquez, H. V., Martín, G. M. P., & la Hoz Hernández, L. J. (2023). Efecto de la aplicación de extractos vegetales en *Vigna unguiculata* ssp. sesquipedalis var. Cantón-1. *Avances*, 25(3), 410-423.
- Márquez, H. V., Martín, G. M. P., & la Hoz Hernández, L. J. (2023). Efecto de la aplicación de extractos vegetales en *Vigna unguiculata* ssp. sesquipedalis var. Cantón-1. *Avances*, 25(3), 410-423. <http://avances.pinar.cu/index.php/publicaciones/article/view/776/2107>
- Mella, C., Rojas, N., Calderon-Bravo, H., & Muñoz, L. A. (2024). Evaluating Biocompounds in Discarded Beetroot (*Beta vulgaris*) Leaves and Stems for Sustainable Food Processing Solutions. *Foods*, 13(16), 2603. <https://doi.org/10.3390/foods13162603>
- Moreno-Guerrero, D. E., Ramírez-Olvera, S. M., Ojeda-Salgado, H. L., Pérez-Mercado, C. A., & Trejo-Téllez, L. I. (2024). Extractos vegetales en el crecimiento y

- concentración nutrimental de hojas de lechuga (*Lactuca sativa*). *Biotecnia*, 26,1-5. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.1929>
- Nour, I. H., Alhadead, K., Ellmouni, F. Y., Badr, R., Saad, T. I., El-Banhawy, A., & Abdel Rahman, S. M. (2023). Morphological, anatomical and chemical characterization of *Ricinus communis* L.(Euphorbiaceae). *Agronomy*, 13(4), 985. <https://doi.org/10.3390/agronomy13040985>
- Panday, D., Bhusal, N., Das, S., & Ghalehgalabbehbahani, A. (2024). Rooted in nature: the rise, challenges, and potential of organic farming and fertilizers in agroecosystems. *Sustainability*, 16(4), 1530. <https://doi.org/10.3390/su16041530>
- Paulauskienė, A., Šileikienė, D., Karklelienė, R., Tarasevičienė, Ž., & Česonienė, L. (2023). Quality Research of the Beetroots (*Beta vulgaris* L., ssp. vulgaris var. conditiva Alef.) Grown in Different Farming Systems Applying Chemical and Holistic Research Methods. *Sustainability*, 15(9), 7102. <https://doi.org/10.3390/su15097102>
- Puccinelli, M., Carmassi, G., Botrini, L., Bindi, A., Rossi, L., Fierro-Sañudo, J. F., & Incrocci, L. (2022). Growth and mineral relations of *Beta vulgaris* var. cicla and *Beta vulgaris* ssp. maritima cultivated hydroponically with diluted seawater and low nitrogen level in the nutrient solution. *Horticulturae*, 8(7),1- 8. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070638>
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
- Ruiz, G. A. P., Tarragó, J. R., & Álvarez, R. E. (2017). Principios activos de bajo período de carencia para el control de plagas y enfermedades en verduras de hoja. *Agrotecnia*, (26), 17-22. <https://doi.org/10.30972/agr.0262719>
- Salazar Rodríguez, Y., Martínez, J. A., y Cruz Gallardo, A. (2021). Los bioestimulantes. Una alternativa para el desarrollo agroecológico cubano. *Ecovida: Revista científica sobre diversidad biológica y su gestión integrada*, 11(3), 225-249.
- Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., & Latha, L. Y. (2011). Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *African journal of traditional, complementary and alternative medicines*, 8(1). DOI:10.4314/ajtcam.v8i1.60483
- Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and soil*, 15, 134-154.
- Stoica, F., Răpeanu, G., Rațu, R. N., Stănciuc, N., Croitoru, C., Țopa, D., & Jităreanu, G. (2025). Red Beetroot and Its By-Products: A Comprehensive Review of Phytochemicals, Extraction Methods, Health Benefits, and Applications. *Agriculture*, 15(3), 270.

- Ströbel, H. (2024). Is More Organic Farming a Responsible Strategy? An Appeal for Responsible (Sustainably Intensive) Agriculture. *Sustainability*, 16(10), 4114. <https://doi.org/10.3390/su16104114>
- Van Straten, G., van Willigen, P., & Challa, H. (2019). Modelling crop response to growth regulators: A review. *Scientia Horticulturae*, 246, 78–91. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.040>
- Wazeer, H., Shridhar Gaonkar, S., Doria, E., Pagano, A., Balestrazzi, A., & Macovei, A. (2024). Plant-based biostimulants for seeds in the context of circular economy and sustainability. *Plants*, 13(7), 1004. <https://doi.org/10.3390/plants13071004>
- Worbs, S., Köhler, K., Pauly, D., Avondet, M. A., Schaer, M., Dorner, M. B., & Dorner, B. G. (2011). Ricinus communis intoxications in human and veterinary medicine—a summary of real cases. *Toxins*, 3(10), 1332-1372. <https://doi.org/10.3390/toxins3101332>