

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



Evaluación de Extracto de Lenteja, Ácidos Fúlvicos y Hematita en el Cultivo de Chile Serrano (*Capsicum annuum* L.) en Condiciones de Invernadero.

Por:

**ANALILIA RAMÍREZ LÓPEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Evaluación De Extracto De Lenteja, Ácidos Fúlvicos y Hematita En El Cultivo De Chile Serrano (*Capsicum annuum* L.) En Condiciones De Invernadero.

Por:

**ANALILIA RAMIREZ LOPEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. Etelberto Cortez Quevedo  
Director Principal



M.C. Rosa Maria Paredes Camacho  
Directora Externa



Dr. Agustín Hernández Juárez  
Co-Asesor



Dr. Pedro Pérez Rodríguez  
Co-Asesor

Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Evaluación De Extracto De Lenteja, Ácidos Fúlvicos y Hematita En El Cultivo De Chile Serrano (*Capsicum annuum* L.) En Condiciones De Invernadero.

Por:

**ANALILIA RAMIREZ LOPEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Aprobada por el Jurado Examinador:

  
M.C. Etelberto Cortez Quevedo  
Presidente

  
M.C. Rosa Maria Paredes Camacho  
Vocal

  
Dr. Agustín Hernández Juárez  
Vocal

  
Dr. Pedro Pérez Rodríguez  
Vocal suplente



  
M.C. Sergio Sánchez Martínez  
Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2024

## DERECHOS DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (cortar y pegar); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo, tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor. Por lo anterior, nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización medio público o privado.

Autor principal



Analilia Ramírez López

Asesor principal



M.C. Etelberto Cortez Quevedo

## DEDICATORIA

A mi madre **Ma. Amparo López Arvizu** por siempre estar en cada momento, por todas las alegrías y dificultades en las que siempre está apoyándome y guiándome siempre por el buen camino.

A mi hermana **Angélica Ramírez López** por ser una persona maravillosa que siempre me brindó su apoyo incondicional, que en cada momento me dio alientos para continuar, por su confianza y no dejarme rendir durante mi estancia, por el inmenso amor te dedico este este trabajo.

A mi abuelita **Carmen Alvarado Guerrero** a quien viviré eternamente agradecida con Dios por tener la gran dicha de tenerla a mi lado, quien fue, es y seguirá siendo una mujer ejemplar.

A mi abuelito **Raúl López Ramos** (†) quien fue parte de mi disciplina como persona.

A **Elodia Ruiz** por su apoyo, convivencia, consejos y enseñanzas durante gran parte de mi vida

A **Salvador López** por todos los momentos compartidos como familia y **Norma Aldape** por siempre estar presente durante todo este proceso, a Alexis y Jonathan por ser fuente de alegría en mi vida.

A **Yudith Arredondo** y **Mireya Mendieta** por siempre escucharme y estar siempre presentes en mi vida.

A **Verónica Lugo** por impulsarme a crecer profesionalmente, por siempre confiar y por sus consejos tan valiosos.

Al **Ing. Raúl Otero**, por impulsarme a crecer profesionalmente, por creer y confiar en mí, por ser mi primer amigo buitre, le estaré profundamente agradecida por cada muestra de afecto, gracias.

Al **Ing. Sergio Reina** por la confianza al permitirme y brindar un empleo durante mi estancia durante mis prácticas profesionales.

## AGRADECIMIENTOS

A mi **DIOS** por tantas bendiciones, por escucharme en cada momento, por siempre cuidarme y permitirme lograr una de las etapas más importantes de mi vida.

A mi **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por permitirme ser un buitre de esta gran institución, agradecida por cada experiencia durante cinco años y hacerme sentir muy orgullosa de pertenecer a mi Alma Terra Mater que se convirtió en mi segundo hogar.

Al **Doctor Etelberto Cortez Quevedo** por guiarme en el presente trabajo de investigación, facilitándome los medios suficientes para que se llevara a cabo cada actividad durante su desarrollo y concluir mi formación profesional de la manera más eficiente posible.

A la **Doctora Rosa María Paredes Camacho** por aportar de su gran conocimiento, por su paciencia, disponibilidad y tiempo para apoyarme con asesorías, así como al brindarme de sus habilidades durante todo el proceso de investigación, por lo cual es de gran admiración de una gran profesional.

Al **Doctor Pedro Pérez Rodríguez** por sus sugerencias, tiempo e interés y disponibilidad en formar parte del comité de este proyecto.

Al **Doctor Agustín Hernández Juárez** por formar parte al concluir dicho trabajo.

Al **M.C. Diego Antonio Corona Martínez** por apoyarme y asesorarme en las evaluaciones realizadas en el laboratorio de Edafología.

A **mis maestros** eternamente agradecida por todo el conocimiento compartido a lo largo de mi instancia durante la carrera. A mis amigos buitres en especial a **Brenda** y **Claudia** quienes se convirtieron en grandes amigas y compañeras de aventuras, por siempre estar en los buenos y malos momentos de mi vida, así como, **Elsa**, **Karen**, **Celina**, **Lizbeth** .

Gracias a todos y cada uno de los que contribuyeron de alguna manera en este trayecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS .....	5
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	9
ÍNDICE DE CUADROS .....	10
RESUMEN .....	11
I. INTRODUCCIÓN .....	12
II. JUSTIFICACIÓN .....	14
III. Objetivos .....	15
3.1 Objetivo general .....	15
3.2. Objetivos específicos .....	15
IV. Hipótesis .....	16
CAPITULO I .....	17
V. REVISIÓN DE LITERATURA .....	17
5.1. Origen y generalidades del chile serrano.....	17
5.2. Distribución geográfica del chile serrano .....	17
5.3. Clasificación taxonómica.....	17
5.4. Morfología del chile serrano.....	17
5.5. Requerimientos para el crecimiento del chile serrano .....	19
5.6. Importancia del cultivo .....	19
5.7. Composición química del chile serrano.....	19
5.8. Usos del chile serrano.....	20
5.9. Bioestimulantes.....	20
5.9.1. Clasificación de los bioestimulantes .....	21

5.10. Extractos Vegetales .....	21
5.11. Extractos de algas .....	22
5.12. Ácidos húmicos y fúlvicos .....	22
5.13. Extractos de lentejas en la agricultura .....	24
5.14. La nanotecnología en la agricultura .....	24
5.15. Usos de las NPs de óxido de hierro .....	25
CAPITULO II.....	26
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
6.1. Ubicación del sitio experimental.....	26
6.2. Preparación y obtención de extractos .....	26
6.3. Material vegetal.....	26
6.4. Establecimiento del experimento .....	27
6.4.1. Preparación del sustrato y llenado de macetas .....	27
6.4.2. Trasplante.....	27
6.4.3. Tutorio .....	27
6.5. Diseño experimental y de tratamientos .....	27
6.5.1. Solución nutritiva .....	27
6.6. Registro de datos y variables de estudio .....	29
6.6.1 Variables agronómicas .....	29
6.7. Análisis estadístico .....	29
CAPITULO III.....	30
VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	30
7.1. Variables agronómicas.....	30
Número de ramas .....	31
Peso fresco de fruto.....	32

Diámetro polar de fruto .....	34
Peso seco total .....	35
VIII. CONCLUSIÓN.....	37
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Número de ramas tratadas con diferentes tratamientos de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas de hematita en el cultivo de chile serrano. Tratamientos con diferentes letras son significativamente diferentes (Tukey $p \leq (0.05)$ .....	32
<b>Figura 2.</b> Peso fresco de fruto tratadas con diferentes tratamientos de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas de hematita en el cultivo de chile serrano. Tratamientos con diferentes letras son significativamente diferentes (Tukey $p \leq (0.05)$ .....	33
<b>Figura 3.</b> Diámetro polar de fruto tratadas con diferentes tratamientos de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas de hematita en el cultivo de chile serrano. Tratamientos con diferentes letras son significativamente diferentes (Tukey $p \leq (0.05)$ . .....	34
<b>Figura 4.</b> Peso seco por planta tratadas con diferentes tratamientos de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas de hematita en el cultivo de chile serrano. Tratamientos con diferentes letras son significativamente diferentes (Tukey $p \leq (0.05)$ . .....	36

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2.1.</b> Composición química/100g.....	20
<b>Cuadro 2.2</b> Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos en diferentes materiales (Payeras, 2013).....	23
<b>Cuadro 3.</b> Aplicación de los tratamientos en el cultivo de chile serrano ( <i>Capsicum annuum</i> L).....	28
<b>Cuadro 4.</b> Resultados de las variables altura de planta (M1 Y M2), biomasa seca total y numero de frutos, obtenidas de la evaluación del efecto de extracto de lenteja, ácido fúlvicos y hemática en el cultivo de chile serrano.....	30

## RESUMEN

Los fertilizantes químicos generan un alto costo ocasionando problemas económicos para los productores, además del impacto negativo que se ocasiona en el medio ambiente principalmente en los suelos, mitigando así los rendimientos esperados por los productores. Por otra parte, el cultivo de chile serrano es uno de los principales cultivos en México, sin embargo, durante su ciclo de producción necesita constante fertilización y el uso de tecnologías que garanticen las metas de rendimiento. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación vía foliar de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas de hematita en el cultivo de chile serrano bajo condiciones de invernadero, empleando un diseño completamente al azar con 13 tratamientos y 5 repeticiones, dando un total de 65 unidades experimentales. Se evaluó el número de ramificaciones, peso fresco, diámetro polar de fruto, peso seco, altura, biomasa y número de frutos, como variables de respuesta. La aplicación de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y hematita mostro diferencias significativas con respecto al tratamiento control, en las variables de biomasa seca total, número de ramas y diámetro de tallo.

**Palabras clave:** extracto, fúlvicos y hematita

## I. INTRODUCCIÓN

La agricultura en México es considerada como una de las actividades económicas más importantes, ya que esta genera una gran cantidad de empleos en el país; siendo el sector productivo más importante desde un punto de vista económico, social y ambiental, ya que de ésta depende la alimentación primaria de millones de personas. La agricultura es una base importante para el desarrollo del país, que otorga seguridad alimentaria; así mismo, constituye un soporte para potenciar el progreso y el crecimiento productivo que puede mejorar significativamente las condiciones de vida en amplias zonas, y fomentar la capacidad productiva de los sectores rurales con la finalidad de sacarlos de las condiciones de marginación (Urcola y Nogueira, 2020).

El cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) en México, es de gran importancia desde el punto de vista cultural, agronómico, nutricional y económico, esto es debido a que sus frutos se consumen tanto en fresco como en seco para proporcionar sabor y aroma a infinidad de platillos (Aguirre-Mancilla, 2017). Según la secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación, este cultivo se encontraba entre las siete hortalizas que más se produjeron en el mundo, con 25 millones de toneladas en una superficie de 1' 696, 891 has. Sus principales productores fueron China con el 54%, el segundo lugar lo ocupó México con el 6.5%, seguido de Indonesia (4.2%), Turquía (4.2%), España (4.1%) y Estados Unidos (3.3%). Para ese año los principales importadores fueron EE.UU, Alemania, Reino Unido, Francia, Holanda y Canadá (Azofeifa y Moreira, 2008).

Debido a la gran importancia de este cultivo como fuente de trabajo durante su producción y como fuente de alimento se deben enfrentar retos en cuanto a su establecimiento ya que existen factores limitantes del rendimiento como mal manejo de fertilizantes y factores bióticos y abióticos que mitigan el desarrollo y crecimiento del cultivo (Ramírez *et al.*, 2014).

Algunas tecnologías que se han utilizado para mantener el crecimiento y desarrollo de gran variedad de cultivos son los bioestimulantes, los cuales ofrecen mantener a los cultivos en sus máximos niveles de producción y al mismo tiempo mitigar efectos negativos desde un punto de vista ambiental (Sancan, 2018). De igual forma la

nanotecnología ofrece un abanico de alternativas que podrían presentar efectos positivos en la producción agrícola (Lira *et al.*, 2018).

Por todo lo anterior este trabajo se centró en la búsqueda de herramientas que faciliten el manejo del cultivo de chile y al mismo tiempo disminuir efectos ambientales nocivos por el uso indiscriminado de fertilizantes y plaguicidas, por lo que el objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas de hematita en el crecimiento y desarrollo del cultivo de chile serrano en condiciones de invernadero.

## II. JUSTIFICACIÓN

El uso excesivo de fertilizantes químicos y plaguicidas para el manejo de los diferentes cultivos cada día contribuye de manera importante en la degradación del sistema suelo y a la eutrofización de cuerpos de agua, afectando incluso factores de calidad comercial del producto final y la inocuidad del mismo, por lo que es necesario buscar alternativas de producción que mantengan rendimientos redituables, que mitiguen efectos adversos en el manejo de cultivos y sobre todo que ofrezca productos agrícolas inocuos y trazables, por lo que el uso de bioestimulantes como los extractos vegetales, potenciado con ácidos fúlvicos provenientes de lombricomposta y nanopartículas de hierro ofrece una alternativa de un producto emergente con potencial de incrementar el crecimiento y desarrollo de los diferentes cultivos mitigando efectos nocivos al agroecosistema, además, de que dichos productos ofrecen una alternativa rentable, para los sistemas agrícolas, de la misma forma estos productos son ambientalmente amigables.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas de hematita en el crecimiento y desarrollo del cultivo de chile serrano bajo condiciones de invernadero.

#### **3.2. Objetivos específicos**

1. Determinar el efecto de diferentes dosis de extracto de lenteja, sobre variables agronómicas en el cultivo de chile serrano.
2. Evaluar el efecto de diferentes dosis de ácidos fúlvicos sobre variables agronómicas en el cultivo de chile serrano.
3. Determinar el efecto de diferentes dosis de nanopartículas de hematita sobre variables agronómicas en el cultivo de chile serrano.
4. Evaluar el efecto de diferentes dosis de una combinación de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas de hematita sobre variables agronómicas del cultivo de chile serrano.

#### **IV. HIPÓTESIS**

La aplicación de al menos una dosis individual o en combinación del extracto de lenteja con ácidos fúlvicos y las nanopartículas de hematita podrán incrementar el crecimiento y desarrollo del cultivo de chile serrano.

## CAPITULO I

### V. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 5.1. Origen y generalidades del chile serrano

Las especies silvestres de chile se localizan al sur del continente americano, y donde se calcula que se originó este género de plantas. Por su parte, algunos botánicos mencionan que el lugar de origen del chile se encuentra en la zona andina, mientras que otros opinan que se originó en el surestede Brasil, por la gran diversidad de especies de *Capsicum* que existen en esas dos regiones (SADER, 2015).

#### 5.2. Distribución geográfica del chile serrano

En México se produce chile certificado por SENASICA en Chihuahua, Guanajuato, Sinaloa, Sonora y Zacatecas, siendo los estados de Sonora (5, 408.6 ha), Sinaloa (4, 096.95 ha) y Chihuahua (3, 603.11 ha) con mayor superficie certificada (SADER, 2020).

#### 5.3. Clasificación taxonómica

Janick (1985), clasificó al chile (*Capsicum annuum* L.) de la siguiente manera:

**Reino:** Plantae

**División:** Tracheophyta

**Subdivisión:** Pteropsida

**Clase:** Angiospermae

**Subclase:** Dicotiledonea

**Orden:** Solanaceales

**Familia:** Solanaceae

**Género:** *Capsicum* L.

**Especie:** *annuum*

#### 5.4. Morfología del chile serrano

El chile *Capsicum annuum* L. es una planta herbácea perenne con ciclo de cultivo anual.

Tiene sistema radicular pivotante y profundo el cual puede llegar a medir de 70 a 120 cm (Guenkov, 1987).

### **Raíz:**

Presenta un sistema radicular pivotante provisto y reforzado, con un gran número de raíces adventicias (Intagri, 2020).

### **Tallo:**

El chile presenta un tallo herbáceo, de crecimiento limitado y erecto. La longitud varía de 0.5 a 1.5 m, a una cierta edad alcanzada, los tallos se lignifican ligeramente, es de color verde oscuro (Zapata *et al.*, 1992).

### **Hojas:**

Las hojas son planas, simples y de forma ovoide alargada, varían en tamaño; son lampiñas o lanceoladas y miden de 1.5 a 12 cm de largo y de 0.5 a 7.5 cm de ancho. La base de la hoja es cuadrada o aguda y el pedicelo es largo (Valadez, 1994).

### **Flor:**

Son de color blanco y a veces púrpura, los pedicelos pueden llegar a medir hasta 1,5 cm de longitud, cáliz campanulado, ligeramente dentado con un aproximado de 2 mm de longitud. Generalmente alargado y cubierto en la base de los frutos, dividida en 5 a 6 partes, midiendo de 8 a 9 mm de diámetro, posee de 5 a 6 estambres insertados cerca de la base de la corola. Las flores son hermafroditas con un alto porcentaje de polinización cruzada llegando casi al 50%, varía dependiendo del clima y de los polinizadores (Rodríguez, 1988).

### **Fruto:**

Son rectos, alargados o ligeramente encorvados y algunos de forma cónica, tienen de 2 a 10 cm de longitud con cuerpos cilíndricos y epidermis lisa, presentan de 2 a 3 lóculos.

Por lo general son picantes, el color varia de verde claro hasta un oscuro inmaduro, al madurar cambia a un color rojo, estos dependiendo del genotipo ya que unos maduran de color café anaranjado o amarillo (Pozo, 1981).

### **Semillas:**

Son muy pequeñas, con una dimensión de 2 a 3 mm. Cuando la semilla aún están verdes estas tienen un color blanco, mientras que cuando este llega a su estado de madures toma un color amarillo pálido (Lesur, 2006).

### **5.5. Requerimientos para el crecimiento del chile serrano**

El cultivo de chile, necesita de una temperatura media de 25 °C, para su óptimo desarrollo y crecimiento, con una humedad que no sea demasiado alta, con valores que van desde 60 hasta un 75 %. Además, requiere de gran cantidad de luz solar, siendo más necesaria en el primer período de crecimiento después de la germinación. No obstante, se puede cultivar en cualquier tipo de suelo con humedad. El suelo ideal, debe presentar un adecuado drenaje, con presencia de arena y materia orgánica. Estos requerimientos hacen que los chiles puedan ser cultivados en invernaderos, donde el manejo de las condiciones es más controlable y favorable (SADER, 2020).

### **5.6. Importancia del cultivo**

Los chiles, pertenecen al género *Capsicum*, a la Familia *Solanaceae*. Se ha reportado su domesticación de al menos dos especies en México: el chile tabasco o paradito (*C. frutescens*) y más de 100 morfotipos de *C. annum var. annum*; siendo esta última, la especie de mayor importancia por su gran variabilidad genética y morfotipos que presenta, ya que incluye a diferentes tipos de chiles, tales como a los chiltepines, jalapeños, serranos, pimientos morrones, chile de árbol, ancho, guajillo, pasilla, entre otros más (SADER, 2020).

### **5.7. Composición química del chile serrano**

Valadez (1992) indica que el principal componente del fruto es el agua, el cual

representa una cantidad del 94%.

Cuadro 2.1. Composición química/100g.

<u>Elemento</u>	<u>Cantidad</u>
Agua	93.0 g
Calcio	6.0 g
Fierro	1.8 mg
Fosforo	22.0 mg
Potasio	195.0 mg
Sodio	3 mg
Carbohidratos	5.3 mg
Fibra	1.2 g
Grasa	0.5 g
Proteínas	0.9 g
Ácido ascórbico	128.0 mg
Vitamina A	530.0 UI
<u>Energía</u>	<u>25.0 kcal</u>

Nota: g (gramos), kcal (kilocaloría), mg (miligramos), UI (Unidad Internacional).

### 5.8. Usos del chile serrano

El chile serrano (*Capsicum annuum* L.) es uno de los vegetales más importantes en México, en área sembrada y valor económico para exportación. La gran variación en climas y condiciones para su desarrollo, que van desde el nivel del mar hasta los 2000 metros sobre el nivel del mar, logra una producción tanto, para consumo local como para exportación durante todo el año. La superficie cosechada es de 143,975 hectáreas con un rendimiento promedio de 16.22 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2014).

### 5.9. Bioestimulantes

Los bioestimulantes son una herramienta importante en la agricultura sostenible, ayudando a maximizar el potencial de las plantas y reducir la dependencia de insumos químicos y su concepto lo define como cualquier sustancia natural o microorganismo que al aplicarlos a las plantas son capaces de modificar procesos fisiológicos en las plantas que mejoran la productividad de estas, además de mejorar la eficiencia

nutricional, ayudan a tolerar el estrés biótico y abiótico, (Du Jardín, 2015; Ertani *et al.*, 2015; Ahmed *et al.*, 2020).

### **5.9.1. Clasificación de los bioestimulantes**

Los bioestimulantes se enmarcan en una categoría de productos tan novedosa que su reglamentación a nivel mundial aún no está completamente cerrada. Sin embargo, existe cierto consenso entre científicos, reguladores, productores y agricultores en la definición de las categorías principales de productos bioestimulantes (Quinto, 2009).

## **5.10. Extractos Vegetales**

Los extractos vegetales son productos obtenidos de distintas partes de la planta, tallos, hojas, flores, corteza, etc. Éstos están compuestos por varias sustancias, de las cuales son los compuestos aromáticos, lo que tienen las propiedades antimicrobianas y se hallan en la fracción oleosa o aceites esenciales. Estos aceites se extraen utilizando métodos como la destilación por arrastre de vapor, prendado en frío y extracción mediante solventes (Herman *et al.*, 2019; Tongnuanchan y Benjakul, 2014).

Los extractos de origen vegetal se caracterizan por la presencia de determinados metabolitos secundarios los cuales forman parte de las estrategias defensivas de las plantas, y que pueden ser agrupados en compuestos nitrogenados, fenólicos y terpenoides (Celis, 2008). Dichos compuestos le proporcionan importantes características a los extractos, como son antialimentarios, antivirales, antimicrobianos, repelentes, inhibidores de crecimiento, que permiten su utilización para proteger los siete cultivos e incrementar la calidad y producción alimentaria, ya que tienen la propiedad de ser menos tóxicos y más fácilmente degradables (Philoget *et al.*, 2004).

Muchas especies botánicas muestran una acción reguladora sobre un gran número de plagas y enfermedades. Este efecto se ha atribuido a la presencia de un grupo de metabolitos secundarios en las diferentes plantas que les confieren una protección natural; por ello se estudia la posibilidad que sean utilizados en el manejo integrado de plagas y enfermedades (Rodríguez, 2000).

### **5.11. Extractos de algas**

Los extractos naturales de origen botánico se originan a partir del tratamiento de materias primas o residuos agroindustriales, por procesos químicos, físicos o enzimáticos, por lo cual el producto final contiene una gran cantidad de compuestos de interés, que al aplicarlos a las plantas pueden beneficiar a la planta a lo largo de su desarrollo vegetal (El Mehdi *et al.*, 2020).

Los extractos de algas marinas se encuentran dentro de los bioestimulantes más utilizados. El uso de extractos de algas marinas como bioestimulante es muy antiguo dentro de las prácticas agrícolas y destacan entre los más comerciales las algas pardas. La composición bioquímica de los extractos de algas es compleja, sin embargo, se ha reportado que son ricos en una variedad de compuestos bioactivos como aminoácidos, minerales, antioxidantes, polisacáridos, entre otros (Du Jardin, 2015; Ertani *et al.*, 2015 El Mehdi *et al.*, 2020).

### **5.12. Ácidos húmicos y fúlvicos**

Las sustancias húmicas son moléculas complejas de color negro o café oscuro, con elevado peso molecular, estos poseen la capacidad de absorción iónica, liberación de nutrientes a mediano y largo plazo; El uso de las sustancias húmicas radica principalmente en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, tanto de forma directa como de forma indirecta, ya que tienen un papel central como mejoradores de suelo (Rice *et al.*, 1988).

La importancia del manejo de las sustancias húmicas es sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos, la influencia en esta puede ser de forma directa + indirecta. En los efectos indirectos se relaciona principalmente el mejoramiento de la fertilidad física, química y biológica de los suelos, en los efectos directos se encuentra la absorción de sustancias húmicas y los cambios en el metabolismo de las mismas, esto se refleja en una planta con mayor tolerancia al estrés ambiental, una mejor producción y calidad de cosecha (INTAGRI, 2017).

**Cuadro 2.2** Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos en diferentes materiales (López-Salazar *et al.*, 2014)

Material	Ácidos Húmicos %	Ácidos Fúlvicos %
Leonardita	40	85
Turba negra	10	20
Carbón bituminoso	10	30
Estiércol	4	15
Compost	2	5
Tierra de jardín	1	5
Lodos de depuradora	1	5
Carbón	0	1
Humus de lombriz	2.8	1.5

Fuente: López-Salazar *et al.*, 2014.

Las sustancias húmicas surgen del proceso de humificación química y biológica de materia orgánica de origen animal y vegetal a través de la actividad biológica de microorganismos. El centro biológico, es decir la fracción principal de la materia orgánica, la constituyen las sustancias húmicas, las cuales contienen ácidos húmicos y fúlvicos. Ácidos húmicos son una forma excelente natural y orgánica para proporcionar a animales, plantas y el suelo dosis concentradas de nutrientes 18 esenciales, vitaminas y oligoelementos. Son moléculas complejas naturales existentes en suelos, turbas los océanos y aguas continentales (Humintech, 2018).

### Ácidos fúlvicos

Los ácidos fúlvicos son de color amarillo claro o marrón, que son solubles con cualquier nivel de pH, los ácidos fúlvicos están compuesto de formas muertas de vida orgánica, lo que significa que está entre el mundo mineral y el orgánico, tiene menos carbono y un mayor contenido de oxígeno, debido a su bajo peso molecular, penetra con facilidad en las hojas y células de la planta, incluso puede introducirse en las mitocondrias. Debido a esta característica, los ácidos fúlvicos son muy

eficaces cuando se aplica en raíces y hojas por su efecto acomplejante (Zamnesia, 2016).

Cuando los cationes son absorbidos por las plantas, la asociación con ácido fúlvico los convierte en compuestos de carga negativa. Aunque se sabe del proceso y los efectos de la transmutación, el mecanismo actual por el cual el ácido fúlvico transmuta los elementos no es conocido. Además de la transmutación de los iones, el ácido fúlvico tiene la capacidad de hacer las vitaminas y minerales más absorbibles, mediante la producción de complejos que son fácilmente transportados por las células de las raíces, siendo una herramienta ideal para facilitar la absorción por las plantas (López-Salazar *et al.*, 2014).

### **5.13. Extractos de lentejas en la agricultura**

Las lentejas tienen fitohormonas como las auxinas que regulan el crecimiento de las plantas, esencialmente prolongan la elongación de las células, siendo una alternativa ecológica para usarse como fuente de dicho compuesto utilizando el método de extracción ideal que garantice la máxima disponibilidad para su posterior uso (Agroforum, 2018).

### **5.14. La nanotecnología en la agricultura**

En lo que respecta a la agricultura moderna, se han realizado investigaciones relacionadas con este tipo de materiales, y el aumento significativo de informes de resultados de investigación en este campo se debe a su uso para aumentar la posibilidad de producción de alimentos. Algunas investigaciones muestran que la aplicación de nanopartículas (NPs) metálicas tiene un efecto positivo en el crecimiento de las plantas, mientras que otros reportes muestran inhibición y fitotoxicidad (Lira *et al.*, 2018).

La nanotecnología se define como aquellas partículas que presenta un tamaño de 1 a 100 nm y esta se puede aplicar en diversas áreas del conocimiento sin dejar

de lado la agricultura donde se le podría denominar agronanotecnología o nanotecnología agrícola y se enfoca en la producción de nanopartículas con efecto nanofertilizante, nanopesticida o nanobioestimulante (Lira *et al.*, 2018).

### **5.15. Usos de las NPs de óxido de hierro**

El uso adecuado de nanopartículas como el hierro es crucial para el manejo sostenible del suelo y los cultivos ya que el hierro al igual que otros micronutrientes esenciales son vitales para el crecimiento, metabolismo y reproducción de plantas, su aplicación no solo aumenta el rendimiento y la calidad de los productos agrícolas, sino que también protege la salud humana al estar enriquecidos con el elemento en cuestión (Kumari y Chauhan, 2019).

Las nanopartículas magnéticas a base de hierro se utilizan ampliamente en la agricultura debido a sus excelentes propiedades físicas y químicas, estas pueden ser producidas de manera económica y aplicadas a gran escala en actividades agrícolas. Se emplean principalmente como agentes antimicrobianos, promotores del crecimiento de plantas, agentes de entrega dirigidos, nanosensores y para la detección y remediación de residuos de pesticidas. También se analiza la toxicidad y el transporte de estas nanopartículas en el sistema suelo-planta, aspectos que deben entenderse bien para su implementación efectiva (Le *et al.*, 2022).

## CAPITULO II

### VI. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 6.1. Ubicación del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se estableció el 18 de septiembre de 2022 dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, México. Se llevó a cabo en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos, así como en el invernadero ubicado a un costado del Departamento de Ciencias del Suelo en las coordenadas 25°21'109" latitud norte y 101°01'55" longitud oeste, a una altitud de 1,610 msnm.

#### 6.2. Preparación y obtención de extractos

Se colocaron 40 g de lenteja agregándole 60 mL de agua destilada en un tarro de cristal tapado a temperatura ambiente dejando reposar durante 10 días en un lugar oscuro evitando su contaminación. Para su debida preparación se extrajo el material orgánico con dosis de 50 mL a un mortero previamente limpio y enseguida se colocó en tubos de plástico, para posteriormente centrifugar el extracto.

Los ácidos fúlvicos se obtuvieron a través del proceso de lombricompostaje otorgado por el área de Fitotecnia del Departamento de Fitomejoramiento. Mientras que las nanopartículas de hematita fueron otorgados por el Laboratorio de Fertilidad de Suelos del Departamento de Ciencias del Suelo.

#### 6.3. Material vegetal

El material vegetal utilizado fue plántula de chile serrano (*Capsicum annuum*) de la variedad (platino) que se caracteriza por ser una planta vigorosa, la cual se adapta a diferentes zonas y época de siembra, sus frutos son uniformes de atractivo color verde con una longitud de 13 a 15 cm siendo muy picante.

## **6.4. Establecimiento del experimento**

### **6.4.1. Preparación del sustrato y llenado de macetas**

Se utilizó una mezcla de peat moss + perlita en una relación de 3:2, a dicha mezcla se le ajustó el pH de (5.5) con el uso de cal agrícola ( $\text{CaOH}_2$ ) y una conductividad eléctrica ( $2 \text{ DS m}^{-1}$ ) la humedad se dejó cercana a capacidad de campo. La mezcla fue colocada en contenedores de 15 L.

### **6.4.2. Trasplante**

El trasplante se realizó en 10 de septiembre del año 2023, donde previamente se colocaron en una solución preparada con Captan® como preventivo, en cada contenedor se colocó una planta que corresponde a una unidad experimental.

### **6.4.3. Tutoreo**

La planta alcanzó una altura considerada, por lo que se tutoreo con la finalidad de darle soporte y evitar que con el peso del fruto la planta llegara a doblarse, esto se realizó a las 4 semanas después del trasplante, se usó rafia color blanco, colocándolo a una altura de 25 cm del suelo, evitando dejar la rafia tan estirada o apretada esto para evitar dañar la planta, durante el manejo.

### **6.5.1. Solución nutritiva**

La nutrición de las plantas se realizó con base a la nutrición de (Steiner 1961) en una concentración ajustada a la fenología del cultivo, ya que en plántula se utilizó al 25%, en etapa vegetativa al 50 %, hasta el desarrollo de frutos se aplicó al 100 %, esta se aplicaba a través del fertirriego, el cual se reguló de igual forma a la fenología de la planta, manteniendo la humedad del sustrato de cada unidad experimental, respecto a la aplicación de tratamiento se inició a partir del día 06 de octubre de 2022 con intervalos de 15 días a la fecha de 01 de diciembre de 2022.

### 6.5. Diseño experimental y de tratamientos

Se estableció un diseño experimental completamente al azar con 13 tratamientos y 5 repeticiones dando un total de 65 unidades experimentales los cuales se describen a continuación (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Aplicación de los tratamientos en el cultivo de chile serrano (*Capsicum annuum* L).

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis ml/L
T1	Control	0
T2	Lenteja	8
	Fúlvicos	8
	Nanopartículas	100 mg/L
T3	Lenteja	8
	Fúlvicos	8
T4	Lenteja	8
	Nanopartículas	100 mg/L
T5	Lenteja	8
T6	Fúlvicos	8
T7	Nanopartículas	100 mg/L
T8	Lenteja	16
	Fúlvico	16
	Nanopartículas	16
T9	Lenteja	16
	Fúlvicos	16
T10	Lenteja	16
	Nanopartículas	250 mg/L
T11	Lenteja	16
T12	Fúlvicos	16
T13	Nanopartículas	250 mg/L

## **6.6. Registro de datos y variables de estudio**

### **6.6.1 Variables agronómicas**

La cosecha comenzó a los 71 días después del trasplante, donde se midió el diámetro polar de fruto y el peso fresco de frutos totalmente formados, la cosecha siguió hasta el día que se terminó el experimento. Al terminar el cultivo a los 97 días después del trasplante se valoraron las siguientes variables de respuesta: número de frutos por planta, número de ramas (bifurcaciones) y la altura de planta. Posteriormente las plantas se cortaron y se colocaron en bolsas de papel y se metieron a una estufa de secado a 50° C hasta obtener peso constante y se registró el peso de la biomasa seca.

### **6.7. Análisis estadístico**

En este experimento se evaluó el efecto del extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas en un diseño experimental completamente al azar. Los datos obtenidos al final del experimento se analizaron en el paquete estadístico InfoStat versión 2017, con un análisis de varianza de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## CAPITULO III

### VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 7.1. Variables agronómicas

Los resultados de la evaluación del efecto de extracto de lenteja, ácidos húmicos y nanopartículas de hematita se pueden apreciar en el cuadro 4 para las variables agronómicas que corresponde a la altura de planta, biomasa seca total y número de frutos.

**Cuadro 4.** Resultados de las variables altura de planta, biomasa seca total y número de frutos, obtenidas de la evaluación del efecto de extracto de lenteja, ácido fúlvicos y hemática en el cultivo de chile serrano.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Biomasa seca total (g)	N. de frutos
T1	51.4 a	47.58 a	4.5 a
T2	55.6 a	50.6 a	7.0 a
T3	52.8 a	48.93 a	7.2 a
T4	53.6 a	48.53 a	3.7 a
T5	51.0 a	49.53 a	6.5 a
T6	54.7 a	54.6 a	3.5 a
T7	54.1 a	49.55 a	6.0 a
T8	50.1 a	45.48 a	4.0 a
T9	52.8 a	40.8 a	4.2 a
T10	51.9 a	48.48 a	4.0 a
T11	54.3 a	53.15 a	5.7 a
T12	55.9 a	44.7 a	5.7 a
T13	54.5 a	55.25 a	8.0 a

Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha= 0.05$ ).

En el cuadro 5, se observan los resultados obtenidos para las variables de respuesta altura de planta, biomasa seca total y número de frutos, evaluados con el extracto de lenteja, los ácidos fúlvicos y las nanopartículas de hematita donde no se

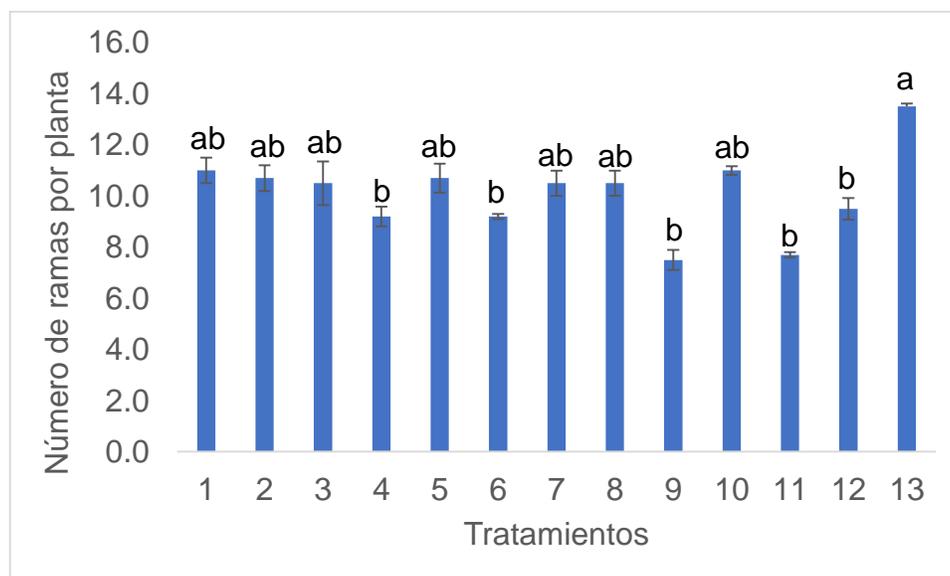
mostraron diferencias estadísticamente significativas en comparación con el control, sin embargo para la altura varia de los 50.1 cm (T8) hasta los 55.9 cm (T12) como valor máximo, para la variable biomasa seca va de un rango mínimo de 40.8 g (T9) hasta 55.25 g (T13), finalmente, para la variable número de frutos varía desde 3.5 (T6) hasta 8.0 (T13), donde T13 presenta el mayor número de frutos (8.0) mientras que T6 presenta el menor número (3.5). Se puede apreciar que el T13 mantuvo el número de frutos más alto al igual que la mayor biomasa y en la altura se mantiene en los valores más altos siendo así el tratamiento más beneficioso. Sin embargo, se recomienda realizar más estudios o considerar ajustes en las metodologías para detectar posibles efectos significativos.

En el trabajo realizado por Rizwan *et al.* (2017) mencionan que la toxicidad por NP's se puede manifestar en la planta por mecanismos como genotoxicidad, alteraciones en la absorción de nutrientes, generación de ROS, etc. Lo que puede resultar en la disminución del crecimiento de la planta, por tal razón pudiéramos atribuir que no se observaron resultados favorables en estas variables, aunque tampoco son considerados como negativos en aquellos tratamientos con la aplicación de hematita. Por su parte Pintor *et al.* (1999) menciona en su investigación que en la aplicación de ácidos húmicos en un periodo de evaluación de 70 días obtuvo 43 cm de altura, superando a su tratamiento control, sin embargo, en el presente trabajo no se obtuvo un valor estadístico significativo en comparación con el testigo ya que la temperatura podría ser un factor de incidencia, ya que el ciclo de manejo fue en invierno, o el tipo de manejo que en general produce cambios en los efectos de los tratamientos aplicados.

### **Número de ramas**

El análisis de varianza realizado para la variable número de ramas arrojó diferencias estadísticas significativas, donde los valores varían de 8 a 14 ramas. En la (figura 1) muestra que en el tratamiento 13 presentó el mayor número de ramas por planta con 13.5 g resultando superior a los demás tratamientos ya que supero en (100%) al peor tratamiento que fue el T9 y es un 16.6% mejor que el tratamiento control que

corresponde al T1, por lo que estos resultados destacan la mejora significativa en el número de ramas para T13, mientras que otros tratamientos presentan variabilidad en el número de ramas con diferencias significativas entre algunos de ellos.



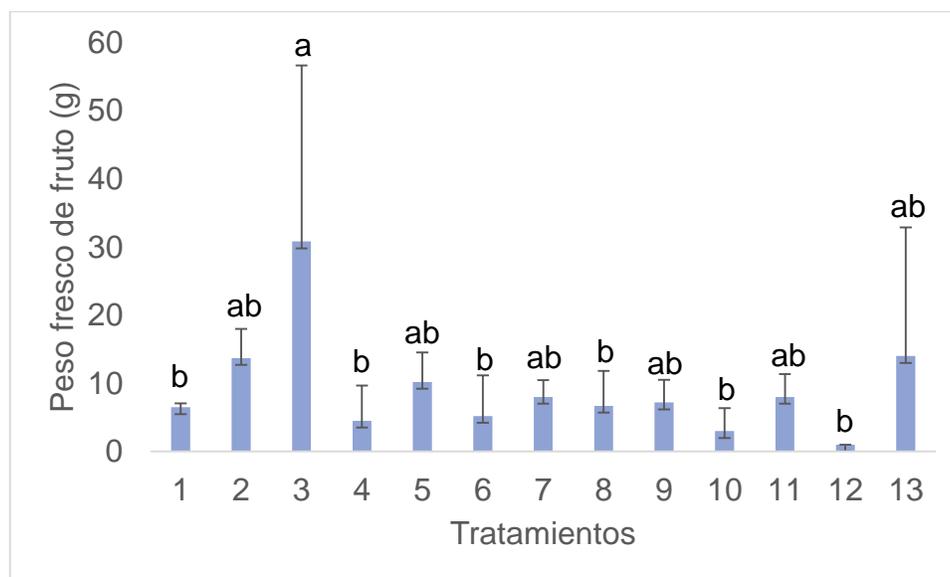
**Figura 1.** Número de ramas tratadas con diferentes tratamientos de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas de hematita en el cultivo de chile serrano. Tratamientos con diferentes letras son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq (0.05)$ ).

El trabajo realizado por Bozorgi (2012), encontró que al utilizar fertilizantes con aplicación foliar nanopartículas de hierro, en concentraciones de 2 ppm, mostraron un número de ramas por planta de 3.05, en el cultivo de la berenjena, datos que coinciden con este trabajo cuando se habla del parámetro número de ramas, dando el potencial de incrementar la biomasa aérea del cultivo de chile, con la aplicación de nanopartículas de hierro.

### **Peso fresco de fruto**

En la figura 2 se presentan los resultados obtenidos para la variable peso fresco de fruto, obtenidos de la evaluación de efecto de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y hematita, donde los datos obtenidos nos muestran diferencias estadísticas

significativas, siendo el tratamiento tres el arrojo los mejores resultados para esta variable con un valor cercano a 50 g y el tratamiento menos efectivo fue el T 11 con valor de 1 g en promedio de fruto, y respecto al tratamiento control T1 y el mejor tratamiento tenemos una diferencia de un 75% de más peso fresco en frutos de ese grupo de tratamientos.



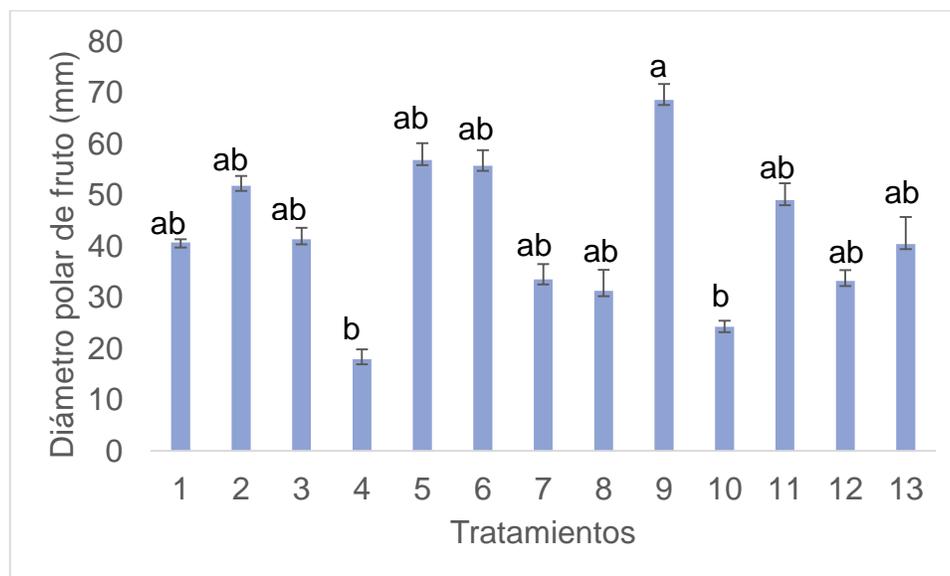
**Figura 2.** Peso fresco de fruto tratadas con diferentes tratamientos de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas de hematita en el cultivo de chile serrano. Tratamientos con diferentes letras son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq (0.05)$ ).

En el trabajo realizado por Abros'kin *et al.* (2016), compararon la adición del complejo ácido húmico con Fe (AH-Fe) con el complejo Fe-EDTA, midieron los contenidos de Fe adicionados al suelo y por vía foliar, en raíz y tallo de las plantas de trigo y establecen que, este último complejo permanece más tiempo en la solución del suelo y los AH de complejo con Fe en la superficie de la raíz, esto nos da la pauta de la importancia de la aplicación de sustancias húmicas y fúlvicas para mejorar el desarrollo de los cultivos, ya que podemos apreciar como en este trabajo la combinación de ácidos fúlvicos con otras sustancias mejoran el desarrollo del cultivo de chile. En el trabajo realizado por Jasso *et al.* 2023 evaluaron la combinación de fitohormonas con diferentes extractos vegetales en el cultivo de

pimiento morrón donde para la variable peso de fruto por planta no encontraron diferencias estadísticas entre sus tratamientos respecto a su control, pero si entre sus tratamientos, sus resultados no coinciden con los obtenidos en esta investigación ya que la combinación de extracto de lenteja y ácidos fúlvicos incremento el peso de fruto por planta para este trabajo, esto pudiera deberse al especie o los diferentes extractos botánicos utilizados.

### **Diámetro polar de fruto**

Los resultados obtenidos para la variable diámetro polar de fruto se pueden observar en la figura 3, donde los resultados nos muestran diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos, siendo el que mayor grosor de fruto arrojó el tratamiento nueve con una media de 68.6 mm, superando en un 73.9% al tratamiento 4 que fue el que obtuvo el menor diámetro de fruto, y una diferencia de 68.5 % entre el tratamiento control (T1) y el mejor tratamiento para esta variable fue el (T9).

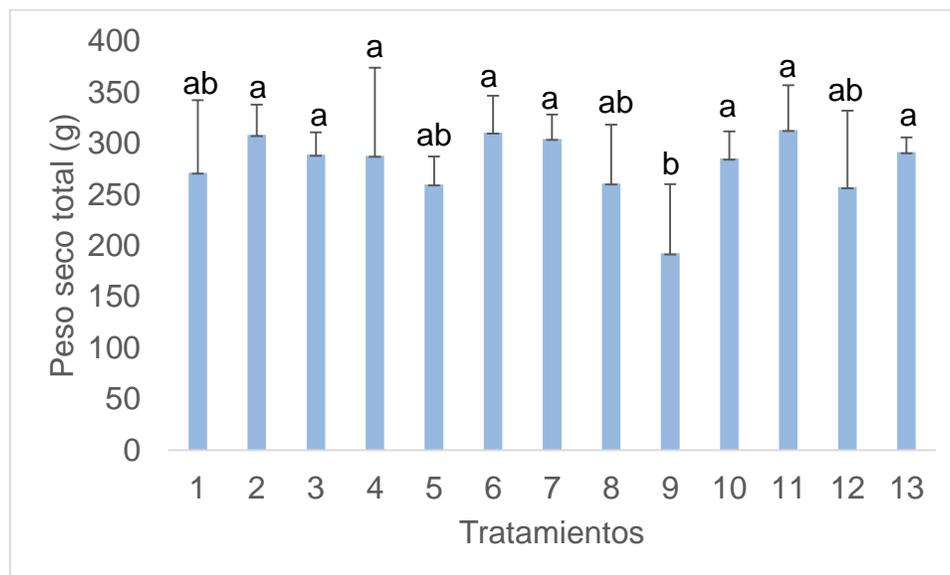


**Figura 3.** Diámetro polar de fruto tratadas con diferentes tratamientos de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas de hematita en el cultivo de chile serrano. Tratamientos con diferentes letras son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq (0.05)$ ).

En el trabajo realizado por Jasso *et al.* 2023 en la evaluación de diferentes bioestimulantes en el cultivo de pimiento morrón encontraron que para las variables de calidad de fruto como el diámetro ecuatorial no mostraron diferencias estadísticas significativas respecto a su control, siendo resultados similares a los obtenidos en este trabajo por su parte Hernández *et al.* (2012) evaluaron el efecto de los ácidos húmicos extraídos de vermicompost sobre el crecimiento de plántulas de arroz y aplicaron dos concentraciones de AH (34 y 46 19 mg/L), mostrando que con las aplicaciones de sustancias húmicas se tienen incrementos en la longitud de los diferentes órganos vegetales.

### **Peso seco total**

Los resultados para la variable peso seco total, el análisis estadístico realizado, demostró diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos de estudio, pero el valor más alto fue arrojado por el tratamiento 11 con 312.7 g lo cual superó significativamente al tratamiento 9 con 62.6% que fue el que acumuló una menor biomasa total, respecto al tratamiento control tenemos una diferencia de un 15%, siendo estadísticamente similares entre los mejores tratamientos.



**Figura 4.** Peso seco por planta tratadas con diferentes tratamientos de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas de hematita en el cultivo de chile serrano. Tratamientos con diferentes letras son significativamente diferentes (Tukey  $p \leq (0.05)$ ).

En la investigación realizada por Briceño *et al.* (2014), mencionan que la presencia y degradación de polisacáridos en los extractos del alga (*Macrocystis pyrifera*) ejerce un efecto de inducción metabólica en la planta con lo que contribuye a un aumento y crecimiento de la biomasa de planta como tomate y frijol, ya que los polisacáridos de mayor tamaño como el alginato (compuesto que poseen ambas algas) también ayudan en la planta, estos resultados solo nos indican la gran diversidad de sustancias con efecto bioestimulante que pueden mejorar el desarrollo de los cultivos como lo apreciamos en esta investigación, donde el extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas incrementan la biomasa total del cultivo de chile, por su parte trabajos como los de Fan *et al.* (2013) mencionan que al aplicar algas como *A. nodosum* produce un incremento positivo en la biomasa de la espinaca ya que aumenta la sobre expresión de la enzima glutamina sintetasa citológica, involucrada en la asimilación del nitrógeno, aumentando del mismo modo las concentraciones de flavonoides y fenólicos, sus datos sugieren el efecto positivo de los bioactivos presentes en las materias primas, como los posibles fitohormonas aplicadas indirectamente en el extracto de lenteja en esta investigación pueden mejorar la biomasa total de las especies vegetales comerciales.

## VIII. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados se puede concluir que la aplicación de extracto de lenteja, ácidos fúlvicos y nanopartículas de hemática en diferentes dosis y combinados incrementan el crecimiento y desarrollo del cultivo de chile serrano en condiciones de invernadero en la mayoría de las variables agronómicas evaluadas.

Por lo que se recomienda seguir la evaluación de estos productos, o evaluarlos en algún otro tipo de cultivo, ya que de acuerdo con los resultados se les pudo observar que su aplicación mejoran variables morfológicas, por lo que faltaría evaluar su efecto a nivel producción.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

- Abros'kin, D. P.; Fuentes, M.; Garcia, M. J. M.; Klyain, O. I.; Senik, S. V.; Volkov, D. S.; Perminova, I. V. and Kulikova, N. A. (2016). The effect of humic acids and their complexes with Iron on the functional status of plants grown under iron deficiency. *Eurasian Soil Sci.* 49(10):1099-1108.
- Agroforum (2018) Cómo fabricar el mejor enraizante natural de manera sencilla. Red Social de Agricultura y Agronegocios del Perú. Citado en: <https://agroforum.pe/agro-noticias/fabricar-mejor-enraizante-natural-de-manera-sencilla-13599/>.
- Aguirre-Mancilla (2017). El chile (*C. annum* L.), cultivo y producción de semilla. Artículo de Ciencia y Tecnología. *Agrop. México*. Vol. 5. Núm.
- Ahmed, Y.; Elzaawely, A. and Al-Ballat, I. Menoufia J. (2020). Using og moringa leaf extract for stimulates growth and yiedl of cucumber (*Cucumis sativus* L). *Plant Prod.* 5:63:75. DOI: 10.21608/mjppf.2020.109444.
- Alvarez, M. M. (2013). Obtenido de:  
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/635/1/T-UTBFACIAG-AGR-000109.pdf>
- Azofeifa, A. y Moreira, M. (2008). Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annum* L. CV. HOT) en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 32: 19-29.
- Bozorgi, H. R. (2012). Effects of foliar spraying with marine plant *Ascophyllum nodosum* extract and nano iron chelate fertilizer on fruit yield and several attributes of eggplant (*Solanum melongena* L.). *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*. Vol. 7 (5) pp. 359-362.

- Briceño, D. (2014). Plant Growth Promoting Activity of Seaweed Liquid Extracts Produced from *Macrocystis Pyrifera* under Different pH and Temperature Conditions.
- Celis, A. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una Revisión. *Revista Agronomía Colombiana*. Universidad Nacional de Colombia. Vol. 26 N.1.
- du Jardin, P., (2012). The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis. Ad hoc Study Report to the European Commission DG ENTR. 2012; [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/fertilizers/final\\_report\\_bio\\_2012\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/fertilizers/final_report_bio_2012_en.pdf).
- EL Mehdi, EB., Barakate, M., Bouhia, Y. and Lyamlouli, K. (2020). Trends in Seaweed Extract Based Bioestimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil.plant systems. 12;9(3):359. DOI: 10.3390/plants9030359
- Ertani, A.; Sambo, P.; Nicoletto, C.; Santagata, S.; Schiavon, M. and Nardi, S. (2015). The use of organic biostimulants in hot pepper plants to help low input sustainable agriculture. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 2(11):1-10.
- Fan D, Hodges DM, Critchley AT, Prithviraj B (2013) A Commercial Extract of Brown Macroalga (*Ascophyllum nodosum*) Affects Yield and the Nutritional Quality of Spinach In Vitro. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 44(12): 1873- 1884; doi:10.1080/00103624.2013.790404.
- Guenkov, G. (1987). *Fundamentos de la Horticultura Cubana*. Editorial Pueblo y Educación. L. Habana-Cuba. pp. 144-146.
- Herman, R.A., Ayepa, E., Shittu, S., Fometu, S. S. y Wang, J. (2019). Essential oils and their applications-A mini review. *Adv Nutr Food Sci*, 4(4), 1-13.
- Hernández, R., García, A., Portuondo, L., Muñiz, S., Berbara, R., & Izquierdo, F. (2012). Protección antioxidativa de los ácidos húmicos extraídos de

vermicompost en 28 arroz (*Oryza sativa* L.) var. IACuba30. *Revista de Protección Vegetal*, 27(2), 102- 110.

Humintech. (17 de Marzo de 2018). Obtenido de:

<https://www.humintech.com/es/ganaderia/informacion/que-son-acidos-humicos.html>

Intagri (2020) Tipos de chiles. <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/tipos-de-chiles>. Consultado el 22 de diciembre de 2022.

Intagri. (2017). Uso eficiente del Fosforo en la Agricultura. Serie Nutrición Vegetal núm. 105. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p

Janick, J. (1985). Horticultura científica e industrial. Editorial Acribia Zaragoza. España. Pp. 564.

Jasso de Rodríguez, Diana, Rocha-Rivera, Martín Francisco, Ramírez-Rodríguez, Homero, Villarreal-Quintanilla, José Ángel, Díaz-Jiménez, Lourdes Virginia, Rodríguez-García, Raúl, & Carrillo-Lomelí, Dennise Anahí. (2023). Extractos de plantas como bioestimulantes de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en pimiento morrón. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(2), e3559. Epub 22 de septiembre de 2023. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3559>

Kumari, S., & Chauhan, S. (2019). A review on applications of metal oxide nanoparticles in agriculture. *Int J Conserv Sci*, 7, 2143-2146.

Le Wee, J., Law, M. C., Chan, Y. S., Choy, S. Y., & Tiong, A. N. T. (2022). The potential of Fe-based magnetic nanomaterials for the agriculture sector. *ChemistrySelect*, 7(17), e202104603.

Lesur, L. 2006, Manual del cultivo del chile: un guía paso a paso, México: trillas.

Lira Saldivar, R. H., Méndez Argüello, B., Vera Reyes, I., & De los Santos Villarreal, G. (2018). Agronotecnología: una nueva herramienta para la agricultura moderna. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional*

*de Cuyo*, 50(2), 395-411.

Lira, R.H., Méndez, B., De los Santos, G., Vera, I. (2018). Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta Universitaria*. 28(2), 9–24.

López-Salazar, Rubén, González-Cervantes, Guillermo, Vázquez-Alvarado, Rigoberto Eustacio, Olivares-Sáenz, Emilio, Vidales-Contreras, Juan Antonio, Carranza de la Rosa, Roberto, & Ortega-Escobar, Manuel. (2014). Metodología para obtener ácidos húmicos y fulvicos y su caracterización mediante espectrofotometría infrarroja. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(spe8), 1397-1407. Recuperado en 10 de junio de 2024, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342014001001397&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014001001397&lng=es&tlng=es).

Pinton, R.; Cesco, S.; Santi, S.; Agnolon, F. and Varanini, Z. (1999). Water-extractable humic substances enhance iron deficiency responses by Fe-deficient cucumber plants. *Plant Soil*. 210:145-157.

Pozo Campodónico, (1981). Descripción y tipos de cultivares de chile (*Capsicum* spp) en México; folleto técnico número 77 octubre 1981 inia, sa4rh, México. DF.

Misof B, Liu S, Meusemann K, Peters RS, Donath A, Mayer C, Frandsen PB, Ware J, Flouri T, Beutel RG, Niehuis O, Petersen M, Izquierdo-Carrasco F, Wappler T, Rust J, Aberer AJ, Aspöck U, Aspöck H, Bartel D, Blanke A, Berger S, Böhm A, Buckley TR, Calcott B, Chen J, Friedrich F, Fukui M, Fujita M, Greve C, Grobe P, Gu S, Huang Y, Jermiin LS, Kawahara AY, Krogmann L, Kubiak M, Lanfear R, Letsch H, Li Y, Li Z, Li J, Lu H, Machida R, Mashimo Y, Kapli P, McKenna DD, Meng G, Nakagaki Y, Navarrete-Heredia JL, Ott M, Ou Y, Pass G, Podsiadlowski L, Pohl H, von Reumont BM, Schütte K, Sekiya K, Shimizu S, Slipinski A, Stamatakis A, Song W, Su X, Szucsich NU, Tan M, Tan X, Tang M, Tang J, Timelthaler G, Tomizuka S, Trautwein M, Tong X, Uchifune T, Walz MG,

- Wiegmann BM, Wilbrandt J, Wipfler B, Wong TK, Wu Q, Wu G, Xie Y, Yang S, Yang Q, Yeates DK, Yoshizawa K, Zhang Q, Zhang R, Zhang W, Zhang Y, Zhao J, Zhou C, Zhou L, Ziesmann T, Zou S, Li Y, Xu X, Zhang Y, Yang H, Wang J, Wang J, Kjer KM, Zhou X. Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. *Science*. (2014) Nov 7;346(6210):763-7. doi: 10.1126/science.1257570. Epub 2014 Nov 6. PMID: 25378627.
- Quinto, L; Martínez, P; Pimentel, L; Rodríguez, D. (2009). Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(1):23-28.
- Ramírez Amador, M. D., Velásquez Valle, R., Sánchez Toledano, B. I., & Acosta Díaz, E. (2014). Floración y fructificación de chile mirasol (*Capsicum annum* L.) con labranza reducida, labranza convencional o incorporación de avena al suelo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(6), 1001-1013.
- Rice, J. A y CCarthy M.A, P. (1988). Comments on th literatura of the humin fraction of humus. *Goederma*. 43, 65-73.
- Rizwan, M., S. Ali, M. Farooq Q., Y. Sik O., M. Adrees, M. Ibrahim, M. Zia-urRehman, M. Farid, F. Abbas. (2017). Effect of metal and metal oxide nanoparticles on growth and physiology of globally important food crops: A critical review. *Journal of Hazardous Materials* 322: 2–16.
- Rodríguez, A. &. (2000). Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento in vitro de hongos fitopatógenos. . En *Cultivos Tropicales* (págs. 79-82.).
- Rodríguez, M. R. (1988). Estudio preliminar sobre el mosaico del chile en la región del bajío. Tesis C.P. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Sancan, C. (2018). Aplicación de tres bioestimulantes orgánicos para acelerar la germinación de la semilla de *Carica papaya*. Manabí: Universidad Estatal del

sur de Manabí.

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (2015) Breve pero picante historia del chile. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/breve-pero-picante-historia-del-chile>.

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Social (2020) El chile es parte de nuestra riqueza mexicana. Gobierno de México. Consultado en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-chile-es-parte-de-nuestra-riquezamedicana#:~:text=El%20chile%20en%20M%C3%A9xico%20es,la%20alimento%20de%20la%20agricultura>.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2014). Citado en: [Producción Agrícola | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](#).

STEINER, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil* 15(2): 134–154.

Urcola, M. A., & Nogueira, M. E. (2020). Producción, abastecimiento y consumo de alimentos en pandemia. El rol esencial de la agricultura familiar en la territorialidad urbano-rural en Argentina. *Eutopía: Revista de Desarrollo Económico Territorial*, (18), 29-48.

Valadez J A. (1992). Producción de hortalizas ed. Limusa. México pp 67 168.

Valadez L. A. (1994). Producción de hortalizas ed. Limusa 4ª ed. México.

Zamnesia. (20 de Julio de 2016). Obtenido de <https://www.zamnesia.es/blog-acidos-humicos-y-acidos-fulvicos-que-son-y-como-se-usan-n1027>

Zapata, M., Bañón-Arias, S., & Cabrera-Ferrández, P. (1992). El pimiento para pimentón. Mundi-Prensa, Madrid-España