

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SALVATIERRA**



**“EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS
ADICIONALES A LA FERTILIZACIÓN BASE EN
LA PRODUCCIÓN DE CHILE SERRANO
(*Capsicum annuum* L.)”**

**TITULACIÓN INTEGRAL
(TESIS)**

Elaborada por:

MARÍA DE JESÚS CARDIEL CASAS

Para obtener el título de:

INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Directora de Tesis:

DRA. MARCIA MARIBEL MARTÍNEZ SCOTT

Salvatierra, Gto.

Julio, 2024



FORMATO DE LIBERACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN INTEGRAL

Salvatierra, Guanajuato. 3 /julio//2024.

C. Lizbeth Estefanía Escobar Paniagua

Jefe de la División de Estudios Profesionales

Presente. -

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral

Nombre del estudiante: María de Jesús Cardiel Casas

Carrera: Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable

No. de Control: AG18110004

Nombre del Proyecto: Evaluación de tres soluciones nutritivas adicionales a la fertilización base en la producción de chile serrano (*Capsicum annuum* L.).

Producto: Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

M.E. Walter Manuel Zúñiga Maldonado.

Coordinador de Ingeniería en Innovación agrícola Sustentable

Director de Tesis

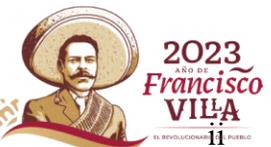
Revisor 1

Revisor 2

Dra. Marcia Maribel Martínez Scott
Nombre y Firma

M.E. Maribel Ramos Aguilar
Nombre y Firma

Ing. Víctor Antonino Cortés Pérez
Nombre y Firma





**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SALVATIERRA
COORDINACIÓN DE INNOVACIÓN EN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

TESIS
Presentada por:

María de Jesús Cardiel Casas

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Aprobado por

Dra. Marcia Maribel Martínez Scott
Directora de Tesis

M.E. Maribel Ramos Aguilar

Revisor

Ing. Víctor Antonino Cortes Pérez

Revisor

M.E. Walter Manuel Zúñiga Maldonado.

**Coordinador de Innovación en Agrícola
Sustentable**

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por permitirme llegar hasta el final de la carrera y darme la fuerza de levantarme cada día por muy difícil que estuviera la situación, por darme la calma y la sabiduría para saber manejar todo el proceso que tenía por delante.

A mis padres

A mi madre Paula Casas Hernández que está en el cielo, por su apoyo incondicional, por ser mi motivación de todos los días. A mi padre Miguel Alberto Cardiel Ledesma por todo el apoyo que me brindo durante toda mi carrera sin importar que fuera, por su amor y confianza en mi capacidad.

A mis hermanos

Claudia Janeth Cardiel Casas, José Raúl Cardiel Casas y Sandy patricia Cardiel Casas, Por sus consejos y por el apoyo para salir emocionalmente adelante.

A mi novio

Por estar siempre apoyándome incondicionalmente.

A mis profesores

A mi directora de tesis la Dra. Marcia Maribel Martínez Scott por la asignación de área, aporte de insumos, además del proyecto de investigación. Al ingeniero Víctor Antonino Cortés por el apoyo en mi proyecto, al ingeniero Ramón por estar al pendiente de lo que necesitaba, a la Ingeniera Mayra Rosas Gallardo por los consejos y el apoyo y a la maestra Verónica Pohls Covarrubias por todo el apoyo que me brindo durante mi proyecto.

DEDICATORIAS

A mi madre que siempre quiso verme salir adelante terminado mi carrera, por todo el amor que me brindo estando en vida. A mi padre por su apoyo, porque salía cada día a trabajar sin importar si hacia frio, si hacía calor, si llovía; todo para que saliéramos adelante, por su amor y confianza en mí.

A mis hermanos

Claudia Janeth Cardiel Casas, José Raúl Cardiel Casas y Sandy Patricia Cardiel casas por su apoyo, por todas las risas, por los consejos, por no dejarme caer y ayudarme a seguir adelante.

A mi novio

Por estar siempre apoyándome incondicionalmente en todo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES DEL PROYECTO	1
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Específicos.....	4
1.5 Hipótesis	4
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes.....	5
2.2 Origen del cultivo de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.)	6
2.2.1 Importancia del chile serrano a nivel mundial	6
2.2.2 Importancia económica del chile serrano en México	8
Fuente: SIAP (2021).	9
2.3 Taxonomía del chile.....	9
2.4 Morfología.....	10
2.4.1 Morfología vegetal	10
2.4.2 Tallo	10
2.4.3 Hojas	10
2.4.4 Flores	10
2.4.5 Fruto.....	10
2.5 Requerimientos edafoclimáticos	11
2.5.1 Tipo de suelo.....	11
2.5.2 Temperatura.....	11

2.5.3 Humedad relativa optima.....	11
2.5.4 Lamina de Riego	12
2.6 Manejo del cultivo	12
2.6.1 Época de siembra	12
2.6.2 Forma de sembrar	12
2.6.3 Trasplante	12
2.6.4 Riego.....	13
2.6.5 Fertilización	13
2.6.6 Poda.....	13
2.7 Plagas del chile serrano.....	14
2.7.1 Picudo del chile (<i>Anthonomus eugenii</i>).....	14
2.7.2 Mosquita blanca (<i>Bemisia tabaci</i>).....	14
2.7.3 Pulgón verde (<i>Myzus persicae</i>)	15
2.7.4 Minador de la hoja (<i>Liriomyza</i> spp.).....	15
2.7.5 Araña roja (<i>Tetranychus</i> spp.)	15
2.7.6 Gusano soldado (<i>Spodoptera exigua</i>)	16
2.8 Enfermedades	16
2.8.1 Marchitez del chile (<i>Phytophthora capsici</i>).....	16
2.8.3 Pudriciones de la raíz (<i>Phytophthora capsici</i> , <i>Rhizoctonia</i> spp, <i>Fusarium</i> spp, y <i>Verticillium</i> spp).....	18
2.8.4 Podredumbre gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	18
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	19
3.1 Descripción del área de estudio	19
3.2 Diseño experimental y tratamientos	19
3.3 Elaboración de soluciones nutritivas	20

3.3.1 Solución A es de Cooper.....	20
3.3.2 Solución B de Hoagland	21
3.3.3 Solución C de Steiner.....	22
3.4 Preparación de la nave	22
3.4.1 Desinfección del invernadero	22
3.4.2 Establecimiento del sistema de riego	23
3.5 Material vegetal utilizado	23
3.6 Fertilización base.....	23
3.7 Variables a medir.....	23
3.7.1 Altura de planta	24
3.7.2 Diámetro del tallo	24
3.7.3 Número de flores.....	25
3.7.4 Número de frutos.....	25
3.7.5 Diámetro ecuatorial y polar.....	26
3.7.6 Peso del fruto	26
3.7.7 Ácidos solubles	27
3.7.8 Colorimetría.....	27
3.7.9 Rendimiento por tratamiento	28
3.7.10 Vida de anaquel	28
3.7.11 Sabor	29
3.7.12 Picor del chile.....	29
3.8 Manejo agronómico del cultivo.....	29
3.9. Manejo integrado de plagas y enfermedades	29
3.10 Registro de datos.....	30
3.11 Análisis de los datos	30

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 Altura de planta.....	31
4.2 Diámetro del tallo	32
4.3 Número de flores	34
4.4 Diámetro polar o longitud	36
4.5 Diámetro ecuatorial.....	37
4.6 Promedio del peso del fruto por tratamiento	39
4.7 Peso promedio obtenido por cosecha	39
4.8 Frutos totales por tratamiento	41
4.9 Rendimiento total por tratamiento	42
4.10 Sólidos solubles	43
4.11 Vida de anaquel.....	44
4.12 Características organolépticas del chile serrano	45
4.13 Discusión	46
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
5.1 CONCLUSIONES	49
5.2 Recomendaciones	50
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
CAPÍTULO VII. ANEXOS	58
Anexo 1. Análisis estadísticos de variables del chile serrano.....	58
Anexo 2. Fotografías de los insumos aplicados al chile serrano	75
Anexo 3. Colocación de trampas	76
.....	76
Anexo 4. Tutorado	77
Anexo 5. Colocación de tratamientos	78

Anexo 6. Mantenimiento y limpieza.	79
Anexo 7. Aplicación de soluciones nutritivas	80
Anexo 8. Medición de plantas	81
Anexo 9. Aplicación de micronutrientes	82
Anexo 10. Preparación para toma de datos del fruto	83
Anexo 11. Toma de datos de ácidos solubles	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de chile serrano en el mundo	7
Tabla 2. Producción de chile serrano a nivel nacional	9
Tabla 3. Taxonomía del chile	9
Tabla 4. Solución nutritiva “A” Cooper	21
Tabla 5. Solución nutritiva “B” Hoagland	21
Tabla 6. Solución nutritiva “C” Steiner modificada	22
Tabla 7. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05	32
Tabla 8. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05	33
Tabla 9. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05	35
Tabla 10. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05	36
Tabla 11. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05	38
Tabla 12. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05	40
Tabla 13. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05	41
Tabla 14. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05	43
Tabla 15. Vida de anaquel de chile serrano bajo condiciones ambientales normales y de refrigeración.	44
Tabla 16. Características organolépticas del chile Serrano.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.	19
Figura 2. Distribución de tratamientos en el invernadero.	20
Figura 3. Medición de plantas.	24
Figura 4. Medición del diámetro 24	24
Figura 5. Conteo de flores.	25
Figura 6. Conteo de chiles por repetición.	25
Figura 7. Diámetro ecuatorial y polar.....	26
Figura 8. Peso del fruto.	26
Figura 9. Medición de ácidos solubles.....	27
Figura 10. Colorimetría del chile (Alder, K).....	27
Figura 11. Rendimiento por tratamiento.	28
Figura 12. Vida de anaquel.	28
Figura 13. Fertilizantes utilizados.	75
Figura 14. Colocación de trampas 76	76
Figura 15. Tutorado alrededor de la planta.....	77
Figura 16. Delimitación de los tratamientos.....	78
Figura 17. Limpieza del área 79	79
Figura 18. Preparación y aplicación de las soluciones nutritivas 80	80
Figura 19. Toma de medidas.....	81
Figura 20. Se realizaron aplicaciones foliares.	82
Figura 21. Medición del diámetro ecuatorial y polar con vernier.	83
Figura 22. Medición de ácidos solubles.....	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Promedios de altura de la planta semanal.	31
Gráfico 2. Medias de tratamiento del crecimiento de planta.	32
Gráfico 3. Diámetros semanales del tallo.	33
Gráfico 4. Medias de tratamiento de diámetro del tallo.	34
Gráfico 5. Número de flores promedio de chile serrano tomadas durante nueve semanas.	34
Gráfico 6. Medias de tratamiento del número de flores.	35
Gráfico 7. Diámetros polares del fruto durante cinco semanas.	36
Gráfico 8. Medias de tratamiento del diámetro polar del fruto.	37
Gráfico 9. Diámetros polares del fruto durante cinco semanas.	37
Gráfico 10. Medias de tratamiento del tratamiento del diámetro ecuatorial del fruto.	38
Gráfico 11. Medias del peso del fruto por tratamiento.	39
Gráfico 12. Peso promedio de cada cosecha por tratamiento.	40
Gráfico 14. Promedios de los frutos totales por tratamientos.	41
Gráfico 15. Medias de frutos totales	42
Gráfico 13. Rendimiento por tratamiento.	42
Gráfico 16. Medias de ácidos solubles.	44

RESUMEN

El chile serrano es un excelente chile culinario, con una amplia gama de usos y es un excelente pimiento picante para salsas caseras y salsas picantes (Bray, 2022). En investigaciones de Axe (2015) menciona que el chile serrano se encuentra entre los tipos de pimientos que ayudan a estimular el sistema inmunológico debido a los altos niveles de antioxidantes. En particular, el caroteno es beneficioso contra todo tipo de enfermedades, incluidas las enfermedades crónicas como el cáncer y las enfermedades cardíacas (Axe, 2019). La presente investigación se desarrolló durante el semestre agosto-diciembre de 2023 en el Invernadero de IIAS perteneciente al Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra (ITESS), en el cual se evaluaron tres soluciones nutritivas adicionales a la fertilización base en chile serrano (*Capsicum annuum*). Se estableció un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los datos fueron analizados con el Anova y se realizó una comparación de medias con la prueba de Tukey a un $\alpha=0.05$. Se evaluó la respuesta del chile serrano (*Capsicum annuum*) a las soluciones nutritivas propuestas por Steiner, Hoagland y Cooper las cuales contienen diferentes dosis de macronutrientes y micronutrientes para el cultivo de chile serrano bajo condiciones de invernadero, en el rendimiento y calidad del fruto. Se estableció un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones. La aplicación de soluciones nutritivas modificadas de Cooper, Hoagland y Steiner presentaron plantas con un mayor número de frutos, mientras que el testigo se comportó de manera diferente según la prueba de Tukey ($P>0.05$). Para la variable número de flores, se presentaron diferencias debido a que los tratamientos T3 y T4 tuvieron una disminución de floración mientras que T1 y T2 tuvieron una mayor floración. Con respecto a diámetros polares y ecuatoriales no se presentaron diferencias entre tratamientos. En cuanto a los frutos totales por tratamiento sobresalió el T3 con 468. Para sólidos solubles no se presentaron diferencias entre tratamientos ni para las características organolépticas de sabor y picor de chile. Las soluciones nutritivas utilizadas no mostraron diferencias entre los tratamientos, pero sí con el testigo. Lo que indica que una buena solución puede incrementar rendimientos del chile serrano.

ABSTRACT

The serrano chili is an excellent culinary chili, with a wide range of uses and is an excellent hot pepper for homemade sauces and chutneys (Bray, 2022). In research by Ax (2015) he mentions that the serrano chili is among the types of peppers that help stimulate the immune system due to the high levels of antioxidants. In particular, carotene is beneficial against all types of diseases, including chronic diseases such as cancer and heart disease (Axe, 2019). The present research was developed during the August-December 2023 semester in the IIAS Greenhouse belonging to the Higher Technological Institute of Salvatierra (ITESS), in which three additional nutrient solutions to the base fertilization in serrano pepper (*Capsicum annuum*) were evaluated. A completely randomized design was developed with four treatments and four repetitions. The data were analyzed with Anova and a comparison of means was performed with the Tukey test at $\alpha=.05$. The response of the serrano pepper (*Capsicum annuum*) to the nutritional solutions proposed by Steiner, Hoagland and Cooper, which contain different doses of macronutrients and micronutrients for the cultivation of serrano pepper under greenhouse conditions, was evaluated in the yield and quality of the fruit. A completely randomized design was developed, with four repetitions. The application of modified nutrient solutions from Cooper, Hoagland and Steiner showed plants with a greater number of fruits, while the control behaved differently according to the Tukey test ($P>0.05$). For the variable number of flowers, differences are presented because treatments T3 and T4 had a decrease in flowering while T1 and T2 had greater flowering. With respect to polar and equatorial diameters, there are no differences between treatments. Regarding the total fruits per treatment, T3 stood out with 468. For soluble solids, there were no differences between treatments or for the organoleptic characteristics of chili flavor and heat. The nutrient solutions used did not show differences between the treatments, but they did with the control. Which indicates that a good solution can increase the yield of serrano chili.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1 Introducción

Uno de los cultivos importantes en México y el mundo es el chile (*Capsicum spp.*) cuyo uso y cultivo es significativo desde el punto de vista económico, medicinal, cultural, nutraceútico y de valor alimenticio (Momo *et al.*, 2022).

El chile es uno de los cultivos originarios de México y de los más importantes a nivel mundial. Sus distintas variedades se adaptan a diversos climas y tipos de suelo lo que ha contribuido a su distribución geográfica (Aguirre y Muñoz, 2015).

Las primeras soluciones nutritivas surgieron hacia 1860 y continuaron su desarrollo hasta mediados de siglo pasado, figurando entre las clásicas la de Knop en 1860, Crone en 1900, Arnon en 1902 y Hougland en 1950. En 1961 Steiner en Holanda, propuso el concepto de la solución nutritiva universal. Esta solución nutritiva clasifica a los nutrimentos según su carga eléctrica. Los aniones (carga negativa) considerados son el fosfato (H_2PO_4^-), el nitrato (NO_3^-) y el sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), mientras los cationes (carga positiva) considerados son potasio (K^+), calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}). Steiner propuso que debe existir una relación entre estos aniones y cationes para que las plantas puedan aprovecharlos al máximo. Determinó que las relaciones entre los aniones deben de oscilar entre; 50-70 % de NO_3^- , 3-20% de H_2PO_4^- y 24-40% de $\text{SO}_4^{=}$. Para el caso de los cationes 30-40% de K^+ , 35-55% de Ca^{++} y 15-30% de Mg^{++} . Finalmente sugirió que la solución nutritiva universal debía contener las proporciones entre aniones y cationes (Intagri, 2021).

En esta investigación se evaluaron tres diferentes soluciones nutritivas en la producción del chile serrano, comparadas con el testigo el cual no contaba con ningún tipo de solución con el fin de determinar cuál es el efecto de los tratamientos de las soluciones en las siguientes variables: altura de la planta, diámetro del tallo, número de flores, número de frutos, diámetro polar, diámetro ecuatorial, sabor, picor y vida de anaquel.

En la investigación se pudo observar que las soluciones nutritivas influyen de la misma forma en las variables del cultivo, cualquiera de las tres soluciones utilizadas para esta investigación tuvo un impacto muy parecido.

1.2 Planteamiento del problema

El chile serrano (*Capsicum annuum* 'Serrano') es un cultivar de la especie *Capsicum annuum*, que también incluye jalapeños, pimientos de cayena, pimientos morrones y más. Los frutos miden alrededor de 3 a 4 pulgadas de largo. Por lo general, son verdes, pero también se pueden ver en tonos amarillos, naranjas, rojos, marrones o morados a medida que maduran, según la variedad (Aloi, 2022)

Diversos autores como Resh (2002), Jones (2005), y Sonneveld & Voogt (2009) sugieren que la formulación óptima de una SN depende de un gran conjunto de variables, tales como la especie y la variedad de la planta, su estado de desarrollo, el órgano de la planta que será cosechada, y factores climáticos como la temperatura y la radiación solar, entre otras (Benavides y Ramos, 2021).

Las dosis de fertilización por unidad de superficie en estos cultivos se han disparado con relación a los cultivos convencionales. Debido a esto, en las explotaciones hortícolas extensivas, hoy en día se suelen aplicar soluciones nutritivas, en lugar de dosis de fertilizantes (Castellanos, 2009).

Es importante también el estudio de las soluciones nutritivas en los cultivos como un complemento a la fertilización base, ya que una solución que logre el mayor rendimiento será la que se catalogue con el mejor desempeño para el cultivo. No realizar este tipo de investigaciones trae como consecuencia el uso de soluciones nutritivas que pueden no ser las más apropiadas para el cultivo (Benavides y Ramos, 2021).

Esta investigación surge a partir de la necesidad de evaluar soluciones nutritivas, para establecer cuál de los tratamientos genera los mejores rendimientos en el cultivo.

1.3 Justificación

La necesidad de este proyecto nace a partir del uso excesivo de fertilizantes para los cultivos, ya que se busca tener una alta producción, además de un buen producto.

Estudios recientes con la aplicación de soluciones nutritivas, han comprobado que es posible obtener rendimientos económicos adecuados y una estabilidad de producción a través del tiempo, contrario a lo que ocurre en la agricultura convencional, en donde el uso excesivo de fertilizantes presenta problemas de salinidad y toxicidad en el suelo, ocasionando un deterioro de las condiciones físicas y químicas del mismo. El uso de una solución nutritiva determinada repercute en la cantidad total de fertilizantes utilizados, así como en el cuidado de los recursos naturales. Se puede decir que se quiere demostrar que a través del uso de las soluciones nutritivas se puede reducir el uso de fertilizantes y los daños que ocasiona al suelo y al ambiente.

Existen diferentes formulaciones de soluciones nutritivas, como la universal de Steiner y la de Hoagland, entre otras. Su uso al 100 % de su concentración depende de diversos factores, como los ambientales, por lo que una forma de proceder es estudiar soluciones nutritivas diluidas en las que se puede regular la cantidad y la proporción relativa de las sales minerales (Gómez-Hernández y Sánchez-del-Castillo citado por Cruz *et al.*, 2014). Como se mencionó anteriormente el uso de soluciones puede disminuir la contaminación, puede haber ahorro de agua y además puede resultar mucho más económico para el agricultor.

Una solución nutritiva es aquella que contiene los elementos esenciales para la nutrición de las plantas, a una concentración ideal y relaciones óptimas entre los elementos, de tal manera que favorecen la absorción nutrimental por el cultivo. El empleo de soluciones nutritivas permite hacer un manejo eficiente de los insumos, además de disminuir la contaminación del suelo y mantos freáticos. Con este método es posible proporcionarles a las plantas las cantidades necesarias de nutrimentos de acuerdo a su estado fenológico y sus características genotípicas. Cabe resaltar el ahorro de agua en los sistemas de producción donde se emplea la solución nutritiva, cerca del 70% del agua empleada se aprovecha en la absorción de las plantas mientras que en sistemas convencionales el aprovechamiento es aproximadamente de 10 a 20%, esto tomará mayor importancia

conforme la escasez del agua aumente y se elaboran legislaciones más estrictas para regular su uso (Castellanos, 2009).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de tres soluciones nutritivas adicionales a la fertilización base sobre el crecimiento, desarrollo y producción de chile serrano (*Capsicum annuum* L) bajo condiciones de invernadero.

1.4.2 Específicos

Comparar el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo con las diferentes soluciones nutritivas aplicadas.

Comparar el efecto de las soluciones nutritivas sobre la floración, número de frutos, tamaño del fruto y variables organolépticas.

Determinar la vida de anaquel del chile serrano en cada tratamiento.

1.5 Hipótesis

Ho: Al menos una de las soluciones nutritivas aplicadas al chile serrano tiene efecto significativo en el crecimiento, desarrollo y producción de chile serrano.

Ha: Al menos una de las soluciones nutritivas aplicadas al chile serrano no tiene efecto significativo en el crecimiento, desarrollo y producción de chile serrano.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Existen diversos estudios que hablan del manejo agronómico del chile serrano, en su estudio Cobanzo *et al.* (2020) menciona que se analizó el efecto de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal y el manejo de la nutrición en la fisiología y crecimiento de plántulas de chiles serrano, en el que los factores fueron: inoculación (con o sin *Pseudomonas tolaasii*), sustrato (con y sin esterilizar), y solución nutritiva (Steiner y té de vermicompost) con un total de ocho tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Los resultados indican que el efecto de *P. tolaasii* es altamente significativo en sustrato no esterilizado y con solución Steiner, donde las plántulas presentaron mayor altura, diámetro del tallo, área foliar, y la biomasa seca de parte aérea. Además, aumentó la concentración de NO₃ en savia. Con el té de vermicompost la inoculación solo impactó en la longitud y volumen radical; mientras que con la solución Steiner únicamente tuvo efecto en el contenido nutritivo de N y K⁺ e índices de crecimiento. La inoculación de *P. tolaasii* en plántulas de chile serrano favorece la fisiología y concentración nutritiva siempre y cuando no se esterilice el sustrato. El menor efecto sobre las plántulas ocurre si sólo se suministra té de vermicompost.

Por otra parte, se realizó un estudio de algunos sustratos en la región de Nayarit, México la investigación consistió en probar formados por tezontle y por la mezcla de tezontle con lombricomposta (bagazo de caña (*Saccharum officinarum*), hueso de mango (*Mangifera indica*), estiércol de bovino) regados con la solución nutritiva de Steiner a concentraciones de 25, 50 y 75 % (diluciones). Por lo tanto, los resultados mostraron:

La dilución a 75 % incrementó el crecimiento, rendimiento de fruto, así como la concentración de N, Ca y Mg en tejido foliar, cuyos valores se ubicaron en el rango de suficiencia, a excepción de P y Ca. El sustrato tezontle/ lombricomposta produjo el mayor crecimiento de la planta, así como la concentración de P y Mg en el tejido foliar, pero el rendimiento de fruto fue similar al obtenido en el sustrato tezontle. (Crespo *et al.*2014).

2.2 Origen del cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.)

El cultivo y domesticación del chile está referenciado a México y América Central:

Esta planta pertenece a la familia de las solanáceas (al igual que el tomate) y es del género *Capsicum*. Dentro del género *Capsicum* existen cinco especies domesticadas (*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens*). La mayor parte de variedades de chile cultivadas en todo el mundo son de la especie *C. annuum*. A pesar de que es una planta que puede comportarse como cultivo bianual, se cultiva de forma anual debido a que en el segundo ciclo la planta presenta brotaciones menos vigorosas y frutos de menor tamaño y calidad. (FAOSTAT, 2020).

También FAOSTAT (2020) menciona que, después del descubrimiento de América, este cultivo tuvo una inmediata acogida en Europa, Asia y la India, posteriormente, también tomó carta de naturalización en África; hoy en día es un cultivo con distribución y uso mundial. Aunque se usa ampliamente como hortaliza fresca, una gran parte de su consumo está basada en su aportación como especia y condimento, debido a su principio picante, la capsaicina, la cual se localiza en la placenta de los frutos.

En México se utiliza la palabra “chile”, del náhuatl chilli o xilli, para referirse a todo fruto clasificado dentro del género *Capsicum*. En Sudamérica lo llamaban “ají”, término que los españoles adoptaron y usan desde la época colonial hasta la actualidad. La historia del chile está ligada a la historia de América.

El chile conformó la base de la alimentación de las culturas mesoamericanas junto con la calabaza, el maíz y el frijol. De acuerdo con los especialistas el chile es originario de México. Evidencias arqueológicas han permitido estimar que este producto fue cultivado desde el año 7000 al 2555 a. C. en las regiones de Teotihuacán, Puebla y en Ocampo, Tamaulipas (Aguirre y Muñoz, 2015).

2.2.1 Importancia del chile serrano a nivel mundial

Los principales países productores de chile verde son Principalmente China que produjo 14,026,272 toneladas. Posteriormente, México con una producción de 1,890,428, Turquía con una producción de 1,759,224 toneladas, Indonesia con 1,128,790 toneladas, después en el quinto lugar esta España con 1,059,500, USA se encuentra en el sexto lugar con una producción de 855,870 toneladas, posteriormente esta Nigeria con una

producción de 723,000 toneladas, después esta Egipto con 475,000, Corea es el noveno lugar con una producción de 414,136 toneladas y finalmente están Países Bajos 320,000. (FAOSTAT, 2020).

En la tabla 1, que se presenta a continuación se observan los países que mayormente producen chile serrano a nivel mundial en toneladas.

Tabla 1. Producción de chile serrano en el mundo

Países	Toneladas
China	14, 026, 272
México	1, 890,428
Turquía	1, 759, 224
Indonesia	1, 128, 790
España	1, 059, 500
EUA	855, 870
Nigeria	723, 000
Egipto	475, 000
Corea	414, 136
Países Bajos	320, 000

Fuente: FAOSTAT (2020).

2.2.2 Importancia económica del chile serrano en México

El chile junto con el tomate son las hortalizas de mayor importancia económica en México. El chile aporta el 20.2% en la producción de hortalizas a nivel nacional. Para 2019, el SIAP (2020) reporta una producción nacional de 3,238,244.81 toneladas de chile.

El incremento en la producción del chile en México está muy ligado con el desarrollo de la industria de la horticultura protegida, pues el uso de estructuras de protección (casas sombra, invernaderos, macrotúneles) aunado a mejores prácticas de manejo agronómico, sanitario, nutricional y de inocuidad han permitido incrementar el rendimiento por unidad de superficie. Para dejar de manifiesto el impacto de la horticultura protegida en la producción de chile podemos observar las diferencias significativas que se tienen en los rendimientos. (SIAP, 2020)

Por su parte el SIAP (2021) menciona que, los principales estados productores de chile serrano son, Sinaloa que ocupa el primer lugar de producción con 735,563 toneladas, seguido de Chihuahua con una producción de 678,885 toneladas, Zacatecas está en el tercer lugar con una producción de 449,239 toneladas, el siguiente estado productor es San Luis Potosí con una producción de 323,133 toneladas, después está el estado de Sonora con una producción de 190,148 toneladas, posteriormente se encuentra el estado de Jalisco con una producción de 156,549 toneladas, después se encuentra el estado de estado Michoacán con una producción de 132,023 toneladas, Guanajuato ocupa el octavo lugar de producción de chile serrano con 106,248 toneladas, mientras que el noveno lugar lo tiene Baja California Sur con una producción de 67,730 toneladas y el décimo lugar lo tiene Durango con una producción de 58,610 toneladas.

En la Tabla 2, se observan los estados que mayormente producen chile serrano a nivel estatal en toneladas (SIAP, 2021).

Tabla 2. Producción de chile serrano a nivel nacional

Estados	Toneladas
Sinaloa	735,563
Chihuahua	678,885
Zacatecas	449,239
San Luis Potosí	323,133
Sonora	190,148
Jalisco	156,549
Michoacán	132,023
Guanajuato	106,248
Baja California Sur	67,730
Durango	58,510

Fuente: SIAP (2021).

2.3 Taxonomía del chile

Tabla 3. Taxonomía del chile

Reino	Vegetal
Tipo	Fanerógama
División	Spermatophita
Clase	Dicotiledonea
Subclase	Simpetala
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	<i>Capsicum</i>
Especie	<i>Annuum</i>

Fuente: Pickersgill *et al.*, (2021).

2.4 Morfología

2.4.1 Morfología vegetal

La planta de *Capsicum annuum* L. presenta un sistema radicular pivotante y profundo llegando a medir de 70 a 120 cm, provisto y reforzado de un número elevado de raíces adventicias (Guencov, 1987, citado por Montes, 2022).

2.4.2 Tallo

El tallo es un órgano para el soporte de los órganos del vástago. La estructura del tallo incluye: nudos (estructuras de las cuales surgen hojas y ramas vegetativas o reproductivas); y los entre nudos, que son segmentos de tallo entre los nudos sucesivos (Mauseth, 2003, citado por Moreno, 2017).

2.4.3 Hojas

La hoja es el principal órgano foto sintético en la mayor parte de las plantas vasculares. Generalmente tienen una porción plana que se denomina lámina y un peciolo, que une la lámina al tallo. La yema axilar sirve para determinar si la hoja es simple o compuesta (Mauseth, 2003, citado por Moreno, 2017).

2.4.4 Flores

Las flores son perfectas (hermafroditas) formándose en las axilas de las ramas, son de color blancas y en ocasiones de color púrpura. de 1-2 cm de largo, 0.5 cm de diámetro, dilatado en el ápice, esparcidamente pubescente; cáliz de 1 mm de largo en antesis, hasta 2 mm de 5 largo en el fruto, truncado y escasamente lobado con apéndices diminutos justo abajo del margen, éstos continuos con las costillas; corola blanca, acampanado, de 9 mm de ancho, lóbulos ovados-triangulares, de 3 mm de largo; filamentos de 1-1.5 mm de largo, glabros, las anteras verdes azuladas, de 1 mm de largo, 0.5 mm de ancho; estilo de 2.5 mm de largo (Barrales, 2010).

2.4.5 Fruto

Los frutos son bayas rectas, 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. En general, son muy picantes, de color verde que varían desde el claro hasta el muy oscuro inmaduro, cambiando luego al color rojo al madurar, aunque hay genotipos que maduran de color café anaranjado o amarillo (Pozo, 1981, citado por Montes, 2022).

2.5 Requerimientos edafoclimáticos

2.5.1 Tipo de suelo

El cultivo del chile se adapta a diferentes tipos de suelo, pero prefiere suelos profundos, de 30 a 60 centímetros de profundidad, de ser posible, francos arenosos, franco limoso o franco arcilloso, con alto contenido de materia orgánica y que sean bien drenados. Es muy importante conocer y considerar el pH del suelo porque indica los rangos para el buen uso y asimilación de los fertilizantes y especialmente cuando sean de origen nitrogenado (Ramírez, 2014).

2.5.2 Temperatura

Los chiles serranos crecen mejor en un ambiente cálido y húmedo. Son sensibles a las heladas y, a menudo, se cultivan como anuales fuera de su clima tropical nativo. Las temperaturas de alrededor de 75 grados Fahrenheit son óptimas. En climas más cálidos, revíselos regularmente para asegurarse de que estén recibiendo suficiente agua. Cuando las temperaturas superan los 90 grados Fahrenheit, los pimientos pueden dejar de producir durante el calor extremo (Aloi, 2022).

2.5.3 Humedad relativa optima

La humedad relativa óptima para el chile serrano oscila entre el 50 y 70%; especialmente durante la floración y amarre del fruto, esta humedad es ideal para un óptimo crecimiento durante las primeras fases. Las humedades relativas mayores pueden traer problemas de enfermedades, una humedad relativa menor con temperatura alta, puede provocar excesiva transpiración y conducir a la caída de flor (Baños *et a.*, 1991. Citado por Valle, 2013).

2.5.4 Lamina de Riego

El número de riegos, la frecuencia y cantidad de agua que se aplique, depende de la precipitación pluvial presente en cada año, así como la temperatura ambiental, frecuencia de vientos y la textura del suelo. Sin embargo, en general es conveniente aplicar un riego cada 20 a 25 días con una lámina de 10 a 12 cm, a excepción del riego de trasplante que requiere una lámina de 20 cm (INIFAP, 2003).

2.6 Manejo del cultivo

2.6.1 Época de siembra

Del 1 de junio al 15 de septiembre. En siembras tempranas (1 de junio al 15 de julio), hay riesgos por excesos de humedad y radiación solar al establecimiento del cultivo, pero son siembras que ofrecen mayor seguridad por escape a enfermedades virales y mercadeo. No se sugiere realizar siembras directas tardías (posteriores al periodo indicado), por el alto riesgo que existe con las enfermedades virales. Sin embargo, es factible trasplantar plántulas producidas en invernadero, hasta finales del mes de septiembre (INIFAP, 2012).

2.6.2 Forma de sembrar

Siembra directa. Sistema de siembra poco usado en la actualidad, y únicamente para siembra de variedades de polinización abierta de semilla de bajo costo. Los surcos se tablean ligeramente para eliminar terrones grandes y uniformizar la superficie del suelo, el cual debe estar perfectamente mullido y con la humedad suficiente para que permita el desplazamiento de la sembradora. Se utiliza una sembradora tipo *Planet Junior*, y la siembra se hace a “chorrillo”, depositando la semilla a 2 ó 3 cm de profundidad. Se requieren de 2 a 3 kg de semilla para una hectárea (INIFAP 2012).

2.6.3 Trasplante

La semilla producida en invernadero es una mejor garantía de sanidad por lo que el trasplante es una práctica cada vez más popular y una forma más segura de anticiparse al mercado, llevar el campo plantas con 21 a 28 días de vida.

Es recomendable un tratamiento preventivo de las plántulas antes del trasplante para prevenir la enfermedad conocida como se cadera ocasionada por cito *phythophthora*

capsici. El tratamiento consiste en sumergir las raíces de la plántula en una solución preparada con Tecto, en porción de 2 g por litro de agua (Escalante, 2011).

2.6.4 Riego

Un suelo que esté constantemente húmedo, pero nunca empapado es ideal para el cultivo de chiles serranos. Riegue cada vez que la tierra se sienta seca de 1 a 2 pulgadas hacia abajo, pero no permita que las plantas se encharquen. Además, riegue en la base de las plantas en lugar de desde arriba para ayudar a prevenir enfermedades (Aloi, 2022).

2.6.5 Fertilización

Los riegos por lo general, son diarios y en ellos se pueden aplicar fertilizantes y fungicidas. Si el sustrato es pobre en nutrimentos, puede auxiliarse a la planta con una solución a base de 65 g de nitrato de amonio más 83 g de 8-24-4 y 83 g de nitrato de potasio disueltos en 200 L de agua; esta solución se deberá aplicar dos o tres veces por semana como agua de riego. Los nutrientes requeridos por la planta pueden ser aplicados en cada riego o basados en un programa de curva de crecimiento. Este programa consiste en aplicar después del trasplante, fracciones de nutrientes de acuerdo al desarrollo del cultivo, las cantidades se incrementan progresivamente hasta alcanzar un punto máximo de aplicación de nutrientes, y posterior a este punto disminuye (etapa de senescencia), por otro lado, se recomienda una fertilización de presembrado entre 30 y 40% de la dosis total recomendada y el restante se aplica de acuerdo a la curva de crecimiento del cultivo (Mata *et al.*, 2010).

2.6.6 Poda

La poda del cultivo durante su crecimiento y desarrollo es para inducir velocidad hacia los puntos de crecimiento. Además, que mantiene el vigor vegetativo y reproductivo en balance (Sánchez 2015).

2.6.7 Cosecha

Dependiendo de la fecha de siembra, la cosecha se presenta entre los 120 y 160 días. Para su mejor comercialización, los frutos deben separarse por tamaño y calidad, de la manera más uniforme (PANORAMA, 2018).

2.7 Plagas del chile serrano

2.7.1 Picudo del chile (*Anthonomus eugenii*)

Este insecto de color café en estado adulto mide aproximadamente de 3 a 4 mm. La hembra deposita sus huevecillos dentro de los botones florales o de los frutos tiernos. De los huevecillos eclosionan unos gusanos blancos con cabeza café, que se desarrollan dentro del fruto y se alimentan de la semilla en formación. La larva se transforma posteriormente en pupa y luego en adulto. Al transformarse en adulto o picudo, abandona el fruto, a través de un orificio. Los frutos dañados caen y pierden su valor comercial (Rosales, 2005, citado por Goldense, 2015).

2.7.2 Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)

El ciclo vital de la mosca blanca dura entre 15 y 40 días, dependiendo de las condiciones medioambientales, y particularmente de la temperatura, ya que los huevos alcanzarán su madurez más rápidamente con temperaturas más elevadas. La mosca blanca suele poner sus huevos en el envés de las hojas, quedando estos adheridos. El daño directo es causado a la planta en el proceso de alimentación de la mosca blanca. Las zonas donde el insecto succiona la savia quedan decoloradas y a su vez, transmiten sustancias tóxicas al floema que se expandirán por toda la planta, dando lugar a desajustes metabólicos, un debilitamiento general, clorosis y cambios en flores y frutos. Uno de los principales objetivos del control de la mosca blanca es evitar que la cosecha se vea infectada por alguno de los virus que estos insectos puedan transportar, por lo que es importante eliminar las malas hierbas o restos de otras plantas cercanos a la cosecha, ya que estos pueden servir de hábitat para la mosca blanca (CANNA RESEACH, 2017).

2.7.3 Pulgón verde (*Myzus persicae*)

El pulgón verde es el vector de virus en vegetales más dañino del mundo, es capaz de transmitir más de 120 enfermedades que afectan a más de 500 plantas hospedantes, entre las cuales se incluye el chile serrano y otras plantas de importancia económica. Las ninfas y los adultos se alimentan en grandes colonias sobre el envés de las hojas. El daño es ocasionado por todos los estadios, al succionar la savia de las hojas y brotes, al alimentarse inyectan una saliva tóxica que distorsiona las hojas, el daño causa reducción de vigor de la planta, apacharramiento, marchitez, amarillamiento, encrespamiento y caída de las hojas, así como fumagina que crece en la mielecilla que excretan, la cual ennegrece las hojas y se reduce la fotosíntesis. Sin embargo, el daño mayor es como el vector de enfermedades de tipo viral en la etapa de floración a cosecha del cultivo (Reyes, 2018).

2.7.4 Minador de la hoja (*Liriomyza* spp.)

El adulto es una pequeña mosquita que pone los huevecillos en el envés de las hojas. Cuando sale la larva penetra en los tejidos alimentándose de su contenido, desfigurando la hoja y dejando galerías o minas; posteriormente las hojas dañadas se secan y se caen. Entre la etapa de floración y cosecha, se deben muestrear 50 plantas por lote de 1 a 2 hectáreas en 3 a 5 sitios diferentes, y se debe aplicar productos químicos cuando se encuentre un 20 % de daño en las hojas y estas presenten una o más minas con larvas vivas (Reyes, 2018).

2.7.5 Araña roja (*Tetranychus* spp.)

Las infestaciones de araña roja empiezan por el envés de las hojas en donde se forman colonias de arañitas que secretan una fina telaraña y aunque sean muy pequeños pueden observarse con facilidad. Las plantas atacadas adquieren un aspecto enfermizo presentando un color amarillento y café, dando la apariencia de haber sido ligeramente polveadas. El ataque de este a Caro provoca la caída de las hojas. Generalmente la araña roja se presenta en temporada secas con baja humedad relativa. Para su control se sugiere el uso de medicina en dosis de 9 g l.A/ha cuando se observa que las ninfas

Ana emergido de los, normalmente es necesario repetir la aplicación de seis a ocho días después. Las aspersiones de azufre elemental son efectivas cuando se aplican densidades bajas de ácaros o cuando se realiza de manera preventiva para controlar enfermedades foliares en dosis de 2000 g l.A/ha (Goldense ,2015).

2.7.6 Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)

El adulto de esta plaga es una palomilla de color café oscuro; la hembra deposita sus huevecillos sobre las hojas en forma de masas y las cubre con una sustancia color gris. Las larvas son de color verde pálido y pueden llegar a medir hasta 3 cm de largo. El daño que ocasiona este insecto es en estado de larva, alimentándose de las hojas y con frecuencia de los frutos. La aplicación de insecticida debe realizarse cuando se encuentren 5 larvas en 50 plantas revisadas en la etapa de trasplante a floración y de 8 a 10 larvas entre floración y cosecha (Proain, 2020).

2.8 Enfermedades

2.8.1 Marchitez del chile (*Phytophthora capsici*)

Su agente causal principal es *Phytophthora capsici*, un hongo que ocasiona daños hasta en el 80% de los campos alrededor de todo el territorio agrícola mexicano. Entre los síntomas que provoca están el marchitamiento leve de la planta al principio de la enfermedad para luego morir por completo una vez avanzada; causa necrosamiento en forma de una coloración café oscuro en el tallo, en la parte del cuello; hace que en las hojas y ramas se puedan apreciar a simple vista lesiones color verde amarillento que se tornan cafés, y en los frutos forma manchas acuosas color verde cubiertas por el micelio del hongo, que a pesar que parezcan superficiales, causan daño y pudrimiento incluso en las semillas de los chiles.

P. capsici tiene una gran velocidad de crecimiento y abundante esporulación; sus esporas sobreviven en el suelo hasta dos años, e infectan las plantas a través de heridas al ser transportadas por el agua de riego y la lluvia. Este patógeno, junto con la enfermedad

que transmite, se desarrolla más fácilmente en alta humedad y en temperaturas de 11 a 35 grados centígrados.

Además de la rotación de cultivos, otras formas de controlar la enfermedad son la implementación de fungicidas, ya sea en las plántulas o semillas, y eliminar residuos de las cosechas pasadas que podrían contener el hongo. El correcto manejo del agua de riego es el factor más importante para evitar la marchitez del chile, por esto, te recomendamos sembrar en suelos con buen drenaje, nivelar el terreno de siembra y tener un análisis de la cantidad y forma en que regarás tus plantas (BAYER, 2019).

2.8.2 Mancha foliar por *Alternaria*

El hongo fitopatógeno *Alternaria* spp. ocasiona pequeñas lesiones circulares que primero se aprecian acuosas y luego se tornan de un color café oscuro con bordes amarillentos; estas manchas terminan por cubrir toda la hoja y es donde se producen las esporas que el viento y la lluvia dispersan en los campos.

Esta enfermedad puede llegar a provocar una defoliación severa, sobre todo en las hojas basales, lo que deja expuestos los frutos al medio ambiente, reduciendo su calidad y cantidad. También, si el hongo logra llegar a los frutos, les provoca lesiones color negro. Aunque las esporas de la *Alternaria* pierden viabilidad al entrar en contacto con el suelo, el patógeno sobrevive hasta dos años en restos vegetales, y se pueden diseminar a grandes distancias mediante el viento, la salpicadura de agua de lluvia o riego, e incluso en la ropa y herramientas de quien maneje los cultivos. La enfermedad inicia cuando la temperatura llega entre los 12 y 30 grados centígrados, la humedad es alta, y hay agua libre sobre las hojas de la planta. Entonces, como control de esta enfermedad tenemos que la mejor forma en la que puedes hacerle frente es destruyendo los residuos de plantas de cosechas pasadas que aún permanezcan en los campos o en áreas de manejo (BAYER, 2019).

2.8.3 Pudriciones de la raíz (*Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia* spp, *Fusarium* spp, y *Verticillium* spp)

Esta enfermedad, una de las más importantes del cultivo en la región, puede provocar una mortalidad del 40 al 70% de la población inicial de plantas. Entre los factores que agravan la severidad de la enfermedad se encuentran el monocultivo (trasplantar chile en la misma parcela por varios ciclos consecutivos) y la presencia de temporales lluviosos prolongados. La pudrición de la raíz del chile para secado en el norte centro de México se encuentra asociada con un grupo de patógenos entre los que se encuentran *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. y *Verticillium* spp. En plantas adultas la marchitez es el síntoma más común e inicial de las plantas infectadas por estos patógenos. Al inicio de la enfermedad este síntoma es más severo al mediodía y puede ser atribuido a la falta de humedad en el suelo; al caer la tarde las plantas infectadas recuperan algo de su vigor, pero en pocos días la marchitez es permanente (Velásquez *et al.*, 2013).

2.8.4 Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*)

La pudrición gris es una enfermedad que ataca los cultivos de lechuga, y es causada por el hongo *Botrytis cinerea*, que infecta las plantas en cualquier estado de desarrollo. Síntomas Lesiones acuosas aparecen en las hojas o en la base del tallo provocadas por el hongo *Botrytis cinerea*. A medida que la enfermedad avanza, se observa presencia del micelio que se caracteriza por tener un color grisáceo sobre los tejidos parasitados. El hongo comúnmente espórtula observándose la presencia de numerosos conidióforos, los cuales producen innumerables conidias. Para el control de la pudrición gris, debemos tomar algunas medidas de tipo preventivo. Efectuar un riego adecuado, sin mucha cantidad de agua que pueda generar un exceso de humedad, lo cual favorece la aparición de la enfermedad, evitar o reducir el riego por aspersion, proporcionar una ventilación adecuada de los cultivos, dando mayor espaciamiento entre hileras, eliminar las partes afectadas de la planta cuando se presentan síntomas de la enfermedad, debe evitarse una alta fertilización nitrogenada, ya que esto hace que los cultivos sean más sensibles al ataque de *Botrytis* (Sepúlveda, 2018).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

El estudio del proyecto se llevó a cabo en el municipio de Salvatierra Guanajuato. Latitud: 20°12'44"N Longitud: 100°52'45"O Altitud sobre el nivel del mar: 1761 m. El clima es templado y húmedo durante todo el año. La temperatura máxima es de 33.4 °C y la media anual es de 18.1 °C; la mínima de 2 °C. La precipitación pluvial es de 730 milímetros anuales. En la siguiente figura se muestra el área donde se llevará a cabo la investigación.



Figura 1. Ubicación del área de estudio. Fuente: Google maps. (2023).

3.2 Diseño experimental y tratamientos

Se estableció un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones, en un área de 0.24 ha. Los tratamientos consistieron en T1= Solución de Cooper, T2= Solución de Hoagland, T3= Solución de Steiner modificada y T4= Testigo

sin nutrición. Todos los tratamientos fueron fertilizados con NPK de acuerdo a los requerimientos del híbrido establecido que fue Camino Real F1.

T1R1	T3R2	T2R3	T4R4
T2R1	T1R2	T4R2	T3R3
T3R1	T2R2	T1R3	T4R3
T4R1	T3R4	T2R4	T1R4

Figura 2. Distribución de tratamientos en el invernadero.

Fuente propia (2023).

T1: Solución nutritiva de Cooper

T2: Solución nutritiva de Hoagland

T3: Solución nutritiva de Steiner

T4: Testigo

3.3 Elaboración de soluciones nutritivas

Las soluciones nutritivas que se evaluarán se formularán de acuerdo a los requerimientos del cultivo y se establecerá una solución con sus variantes para cada etapa fenológica. La primera solución es de Cooper (Trejo y Gómez, 2012). La segunda solución que se utilizó es la Hoagland (Trejo y Gómez, 2012). y la tercera solución de Steiner modificada (Castellanos, 2009).

3.3.1 Solución A es de Cooper

La solución A, se diseñó de acuerdo a la solución de Cooper, la cual se modificó debido a los requerimientos del chile serrano.

Tabla 4. Solución nutritiva "A" Cooper

Elemento	Concentración en PPM
N	200-236
P	60
K	300
Mg	50
Ca	170- 185
S	68
Fe	12
Mn	2
B	0.3
Cu	0.1
Zn	0.1
Mo	0.2

Fuente: Trejo y Gómez (2012).

3.3.2 Solución B de Hoagland

La solución B, se diseñó de acuerdo a la solución de Hoagland, la cual se modificó debido a los requerimientos del chile serrano.

Tabla 5. Solución nutritiva "B" Hoagland

Elemento	Concentración en PPM	Concentración en PPM	Concentración en PPM
	1er cuaje	2-3er cuaje	5er cuaje
N	210	240	300
P	31	40	50
K	234	250	280
Mg	34	50	65
Ca	160	200	240
S	64	80	100
Fe	2.5	3	3.5
Mn	0.5	1	1.5
B	0.5	1	1.5
Cu	0.02	0.06	0.2
Zn	0.05	0.1	0.5
Mo	0.01	0.1	0.5

Fuente: Trejo y Gómez (2012).

3.3.3 Solución C de Steiner

La solución C se diseñó de acuerdo a la solución de Steiner, la cual se modificó de acuerdo a los requerimientos del Chile.

Tabla 6. Solución nutritiva “C” Steiner modificada

Nutrimento	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa Gral.
	DT a 1er cuaje	1er al 3er cuaje	3er al 5° cuaje	5° en adelante
	ppm/L			
Nitratos	60	80	100	120
Amonio	0	0	50	100
Fosforo	150	150	150	150
Potasio	35	55	70	85
Calcio	80	80	80	90
Magnesio	20	30	40	50
Sulfatos	30-60	30-60	30-60	30-80
Bicarbonatos	1	1	1	1
Sodio	<5	<5	<5	<5
Cloro	02-jun	02-jun	02-jun	02-jun
CE	1.4	1.9	2.3	2.4

Fuente: Castellanos (2009).

DT=Después del trasplante

3.4 Preparación de la nave

3.4.1 Desinfección del invernadero

Principalmente se comenzó con la limpieza del invernadero, se utilizaron diferentes herramientas como azadón, pico y rotocultivador para quitar primero la maleza y residuos del cultivo que estaba instalado anteriormente también se quitaron las cintillas de riego para colocar las nuevas cintillas. Posteriormente se llevó a cabo el lavado y desinfección de la estructura del invernadero de la misma con una solución de cloro, agua y jabón, esto se realizó con la ayuda de cepillos y la aspersora para que la limpieza y desinfección fuera más profunda. Después se usó el rotocultivador para levantar más tierra e ir formando los surcos y finalmente con la ayuda de los azadones terminar de levantar los surcos.

3.4.2 Establecimiento del sistema de riego

El sistema de riego que se instaló es por goteo, para esto se tuvo que quitar la cintilla anterior ya que estaba desgastada, se instaló la nueva cintilla de manera que se fue midiendo y cortando para que quedara de manera correcta, se colocó con los orificios hacia arriba para evitar el taponeo e impurezas de la misma, después de ir cortando la cintilla al final se le hacía un nudo para que no halla fugas de agua; pero también se fueron colocando algunas piedras para que esta quedara de forma correcta y no se doblara.

3.5 Material vegetal utilizado

El material que se trasplanto fue el híbrido El Camino chile serrano de porte medio. Con una densidad de población de 30,000 plantas por hectárea, dispuesta a 35 cm entre planta y planta.

3.6 Fertilización base

La fertilización base consistió en la aplicación de 6 kg de urea (N), 6 kg de Fosfato monoamónico (P) y 3 kg de Sulfato de Potasio (K) antes de la siembra y posteriormente se llevó una segunda fertilización a los 15 días posteriores a la emergencia de las plantas, la cual consistió en aplicar 6 kg de N + 3 kg P y K 6, para una superficie de .024 hectáreas. La aplicación base fue granulada.

3.7 Variables a medir

Se dividieron las variables en dos rubros: el primero fue todo lo relacionado con mediciones morfológicas de la planta y el fruto y la segunda son características organolépticas cualitativas del fruto.

Las variables medidas fueron, altura de planta, número de flores, número de frutos por tratamiento, tamaño de los frutos, diámetro ecuatorial y polar, peso del fruto, ácidos solubles, colorimetría y rendimiento por tratamiento. Las variables organolépticas evaluadas es el favor que está constituido por el aroma del chile, sabor y picor.

3.7.1 Altura de planta

Esta variable se midió con una cinta métrica desde la base del tallo hasta el brote principal.



Figura 3. Medición de plantas. Fuente propia (2023).

3.7.2 Diámetro del tallo

Se midió la variable con un vernier para que el diámetro fuera lo más exacto posible.



Figura 4. Medición del diámetro. Fuente propia (2023).

3.7.3 Número de flores

Se realizó un conteo de flores por cada una de las plantas pertenecientes a la unidad experimental de cada repetición.



Figura 5. Conteo de flores. Fuente propia (2023).

3.7.4 Número de frutos

Se realizará de manera visual, contando los frutos por tratamiento.



Figura 6. Conteo de chiles por repetición. Fuente propia (2023).

3.7.5 Diámetro ecuatorial y polar

Estos se midieron con un vernier y cinta métrica en relación con la forma del fruto, primero de manera horizontal que es el diámetro ecuatorial y después de manera vertical que sería el diámetro polar.



Figura 7. Diámetro ecuatorial y polar. Fuente propia (2023).

3.7.6 Peso del fruto

Este se pesó con una báscula digital de manera que se pesaran frutos por cuadrante de cada tratamiento.



Figura 8. Peso del fruto. Fuente propia (2023).

3.7.7 Sólidos solubles

Para determinar los sólidos solubles se molieron los chiles en mortero a mano para tomar una pequeña muestra y colocarla en el refractómetro y así medir los ácidos solubles.



Figura 9. Medición de ácidos solubles. Fuente propia (2023).

3.7.8 Colorimetría

La variable se midió de forma manual con la ayuda de una gama de colores que es especial para el chile.



Figura 10. Colorimetría del chile (Alder, K). Fuente propia (2023).

3.7.9 Rendimiento por tratamiento

Por cada tratamiento se estimó la densidad de la siembra, los gastos y la producción. De esta manera se podrá elegir el tratamiento con mayor rentabilidad.



Figura 11. Rendimiento por tratamiento. Fuente propia (2023).

3.7.10 Vida de anaquel

Se tomaron tres muestras por cuadrante, en total 12 por tratamiento y se evaluara día con día de manera visual para determinar cuántos días tarda en deshidratarse.



Figura 12. Vida de anaquel. Fuente propia (2023).

3.7.11 Sabor

Se utilizó el refractómetro para medir los sólidos solubles en los chiles y también se dieron a probar tres chiles por cada unidad experimental a diferentes personas, ejemplo del T1R1 tres frutos, para evaluar la relación que existe entre el sabor, picor y dulzura del chile de forma cualitativa. Se realizó una escala de sabor cualitativo para determinar a través de métodos sensoriales y organolépticos.

S1= sabe a chile maduro

S2= sabe a chile medio dulce y maduro

S3= sabe dulce, que aún no ha madurado

3.7.12 Picor del chile

Para la variable del picor se utilizó una escala cualitativa la cual consiste en probar el chile y determinar en qué rango cae el picor.

PC1= No pica

PC2= Picor leve

PC3= Medianamente picoso

PC4= Pica

PC5= Extremadamente picoso

3.8 Manejo agronómico del cultivo

El manejo del cultivo se realizó de acuerdo a las especificaciones y demandas del mismo, los riegos se programarán con base a las necesidades hídricas y la fertilización con base a las soluciones nutritivas aplicadas, exceptuando las aplicaciones comunes de fertilizantes foliares y hormonas vegetales.

3.9. Manejo integrado de plagas y enfermedades

Se realizaron monitoreos de plagas y enfermedades para la toma de decisiones oportunas en el control de las mismas. También, se observará si con las diferentes soluciones nutritivas el cultivo presenta incidencias mayores de plagas y enfermedades.

3.10 Registro de datos

Se creó una base de datos en formato Excel para el registro de los datos obtenidos y colectados en campo.

3.11 Análisis de los datos

Los datos se analizaron en el software estadístico SAS (2010) donde se realizaron análisis a través del ANOVA y comparaciones de medias de tratamiento a través de la prueba de Tukey con una $\alpha=0.05$.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Altura de planta

El crecimiento de la planta se registró de manera semanal durante un periodo de 63 días, obteniendo la altura en cada uno de los tratamientos como se muestra en el Gráfico 1. Se obtuvo una altura de 98 cm, 96,93 y 69 cm correspondientes a los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente.

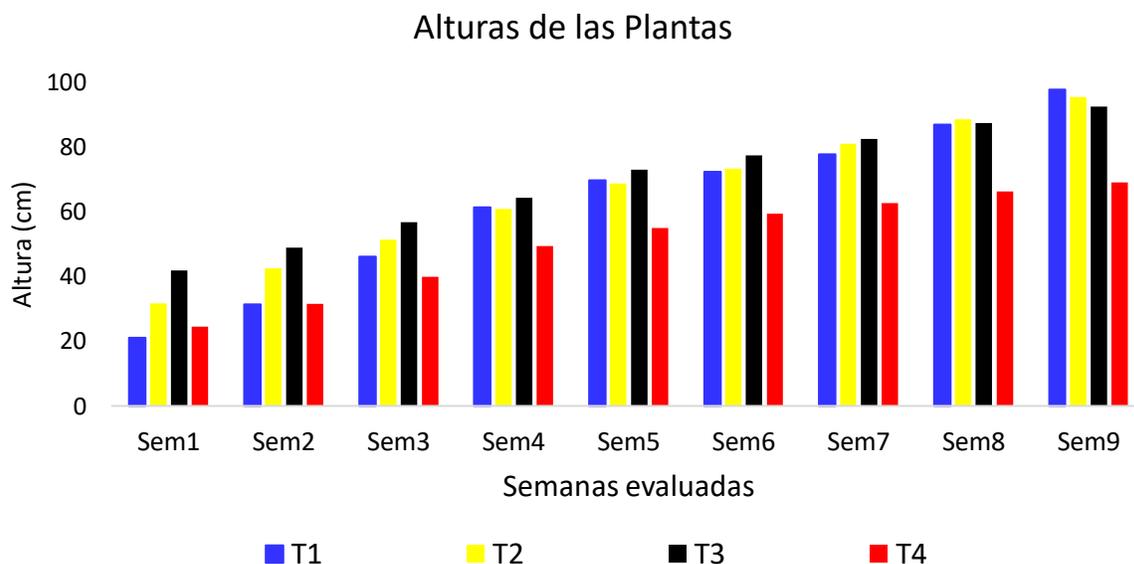


Gráfico 1. Promedios de altura de la planta semanal. Fuente: propia (2024)

A pesar de que los tratamientos T1, T2 y T3 mostraron una mayor altura y porte del cultivo, al someterse a la comparación de media de Tukey ($p > 0.05$), la cual se realizó en el programa SAS®, el análisis arrojó que no existen diferencias estadísticas entre ellos como se puede observar en el gráfico 2.

Tabla 7. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05

Tukey	Agrupamiento	Media	N	Trat
A A	97.75	4	1	
A A	95.50	4	2	
A A	92.50	4	3	
A	69.25	4	4	

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.
Fuente: SAS (2024).

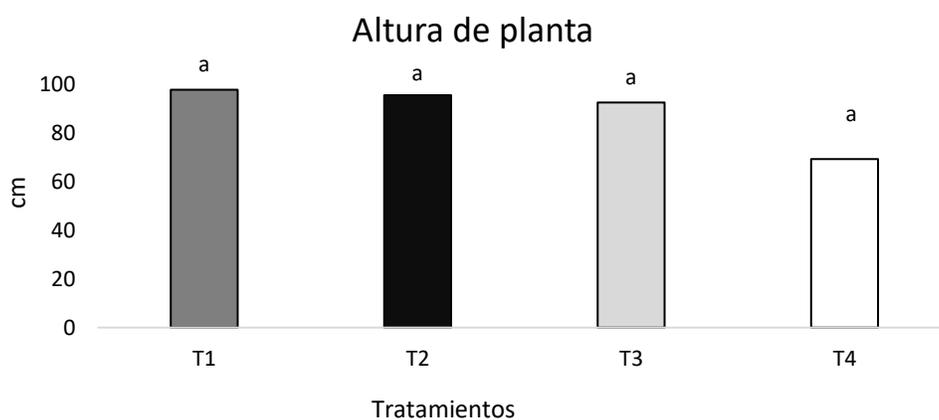


Gráfico 2. Medias de tratamiento del crecimiento de planta.

Fuente: propia (2024)

4.2 Diámetro del tallo

De acuerdo con los datos registrados durante las nueve semanas se obtuvieron los diámetros del tallo presentados en el gráfico 3. Para el T1 se obtuvo un valor de 3 cm de diámetro, para el T2 fue de 3 cm de diámetro, para el T3 fue de 3 cm de diámetro y para T4 fue de 2 cm de diámetro.

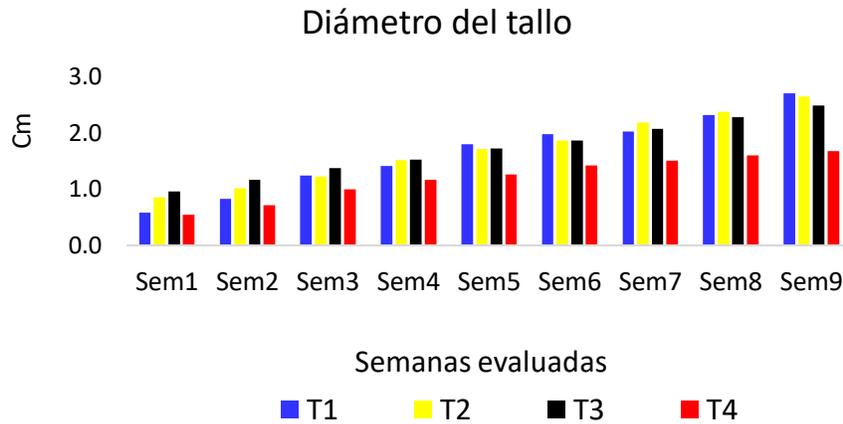


Gráfico 3. Diámetros semanales del tallo. Fuente: propia (2024)

En el gráfico siguiente se observa los valores de los tratamientos, los cuales presentaron un comportamiento estadísticamente similar según la prueba de comparación de medias de Tukey ($P > 0.05$) $T1=T2=T3=T4$ aun cuando el testigo T4 obtuvo un diámetro menor, no mostro diferencias con respecto a los tratamientos.

Tabla 8. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05

Tukey	Agrupamiento	Media	N	Trat
A	2.7500	4	1	
A				
A	2.5000	4	2	
A				
A	2.5000	4	3	
A				
A	1.7500	4	4	
A				

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.
Fuente: SAS (2024).

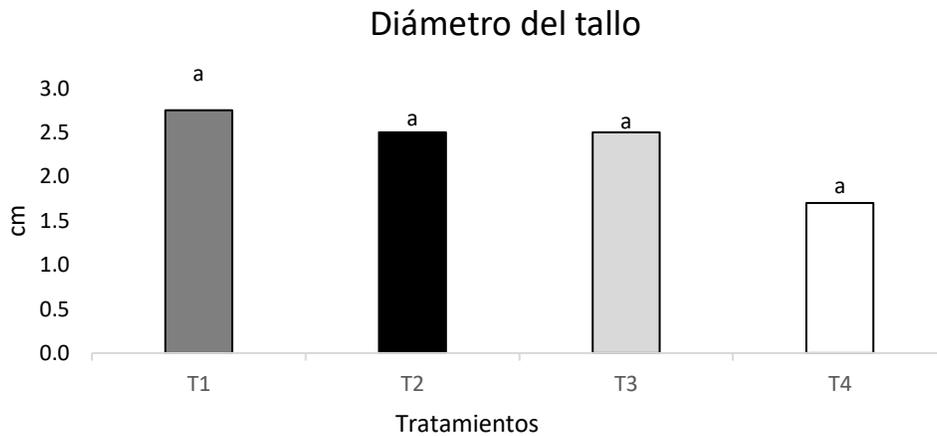


Gráfico 4. Medias de tratamiento de diámetro del tallo. Fuente: propia (2024).

4.3 Número de flores

Conforme a la toma de datos durante las nueve semanas se obtuvieron los promedios de las flores por tratamiento siendo T1 y T2 los que presentaron mayor número de flores con valores de 23 y 24 a partir de la semana 4 aumentando a 36 y 38 flores a partir de la semana 7.

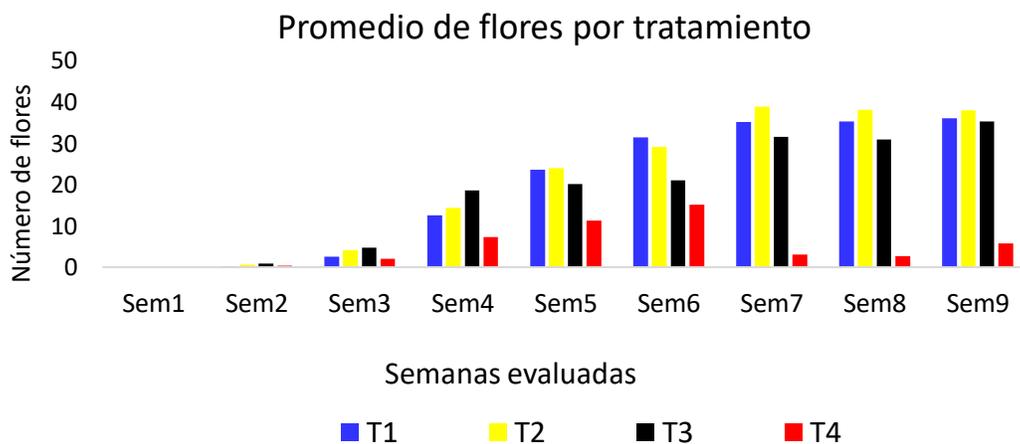


Gráfico 5. Número de flores promedio de chile serrano tomadas durante nueve semanas. Fuente propia (2024).

Tabla 9. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05

Tukey	Agrupamiento	Media	N	Trat
A	38.000	4	2	
A				
A	36.250	4	1	
A				
A	35.000	4	3	
B A				
B	6.250	4	4	
B				

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.
Fuente: SAS (2024).

De acuerdo con la prueba de Tukey ($P > 0.05$) para la variable de número de flores no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos T1, y T2, sin embargo, para T3 hubo diferencia con los tratamientos antes mencionados y con el testigo, siendo este último el tratamiento T4, el que presentó el menor número de flores, y una marcada diferencia con los tratamientos T1 y T2, pero similitud entre el tratamiento T3.

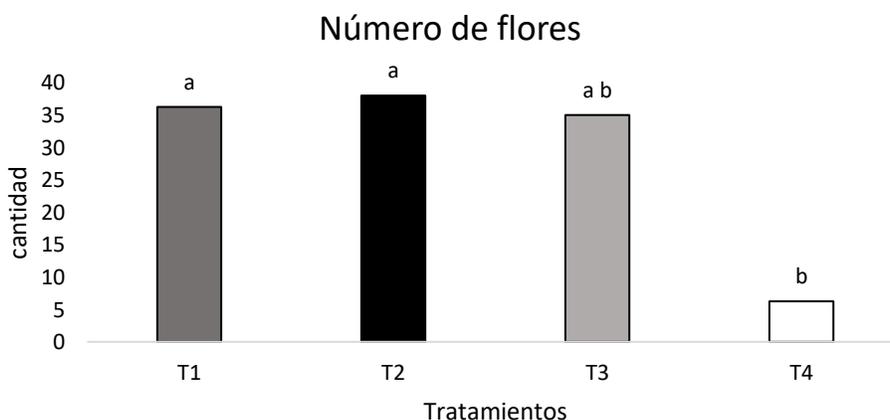


Gráfico 6. Medias de tratamiento del número de flores. Fuente propia (2024).

4.4 Diámetro polar o longitud

En la variable del diámetro polar de los frutos, los tratamientos presentaron un comportamiento estadísticamente similar según la prueba de comparación de medias de Tukey ($P > 0.05$) los resultados se observan en el gráfico 7, en el cual el promedio de los diámetros fue de 7 cm.

Tabla 10. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05

Tukey	Agrupamiento	Media	N	Trat
A	8.000	4	3	
A				
A	7.2500	4	4	
A				
A	7.000	4	1	
A				
A	7.000	4	2	
A				

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Fuente: SAS (2024).

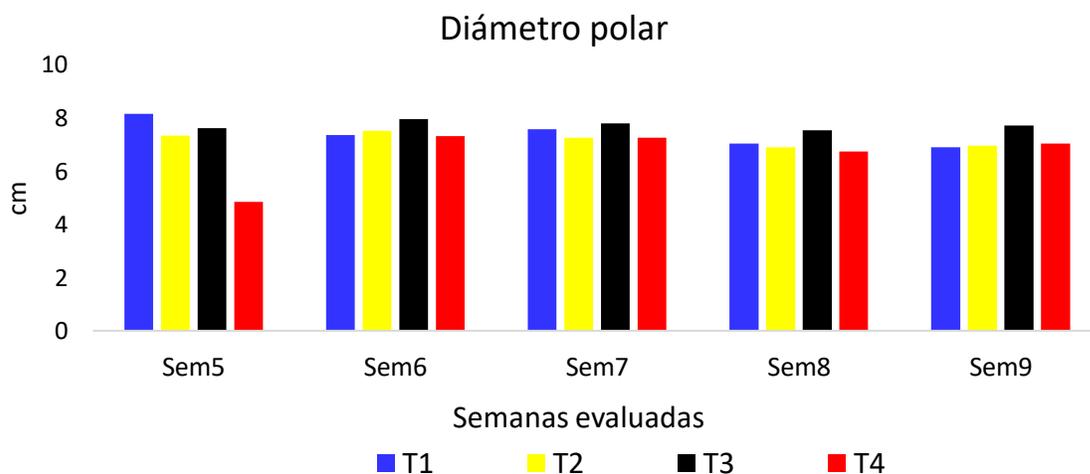


Gráfico 7. Diámetros polares del fruto durante cinco semanas. Fuente propia (2024)

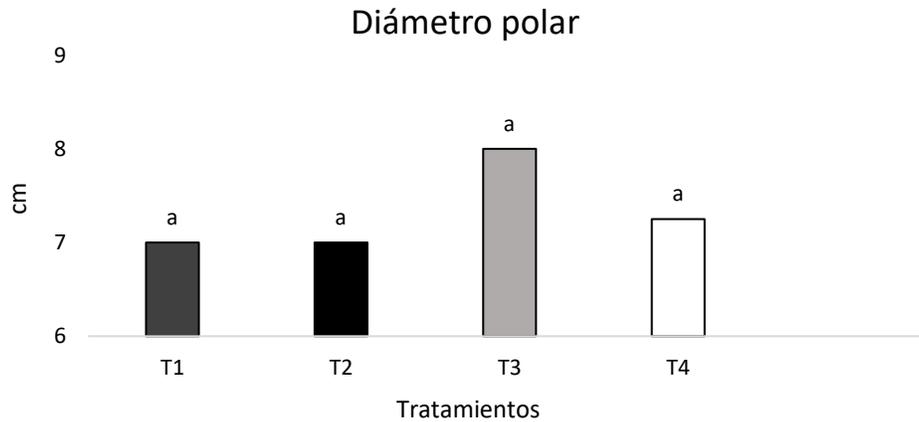


Gráfico 8. Medias de tratamiento del diámetro polar del fruto. Fuente propia (2024)

4.5 Diámetro ecuatorial

En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento del diámetro ecuatorial del fruto, en los datos obtenidos se muestra que no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

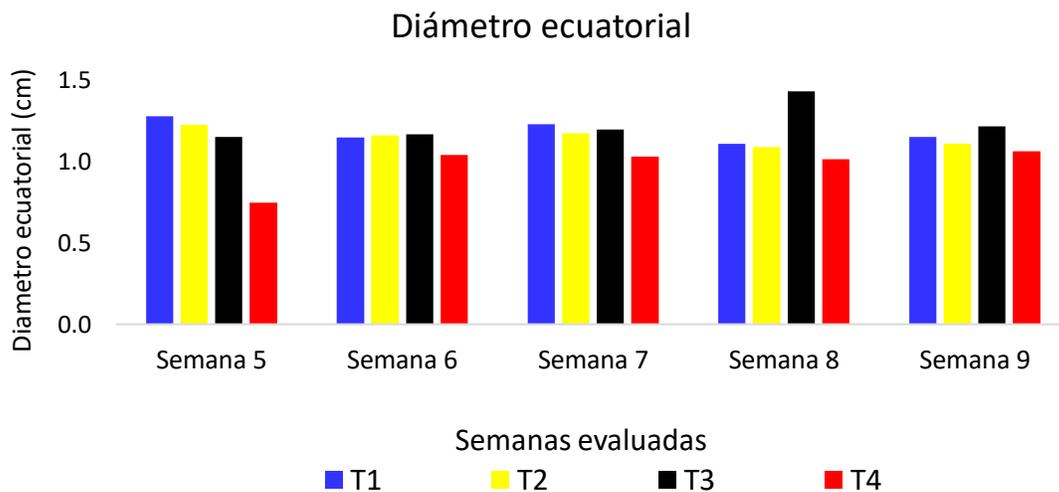


Gráfico 9. Diámetros polares del fruto durante cinco semanas. Fuente propia (2024)

En la variable del diámetro ecuatorial las medias del fruto fueron para T1 de 1 cm, para T2 fue de 1cm, para T3 fue de 1 cm y para T4 fue de 1 cm. Por lo cual no existen diferencias significativas según la prueba de comparación de medias de Tukey ($P>0.05$).

Tabla 11. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05

Tukey	Agrupamiento	Media	N	Trat
A	1.000	4	1	
A				
A	1.000	4	2	
A				
A	1.000	4	3	
A				
A	1.000	4	4	
A				

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.
Fuente: SAS (2024).

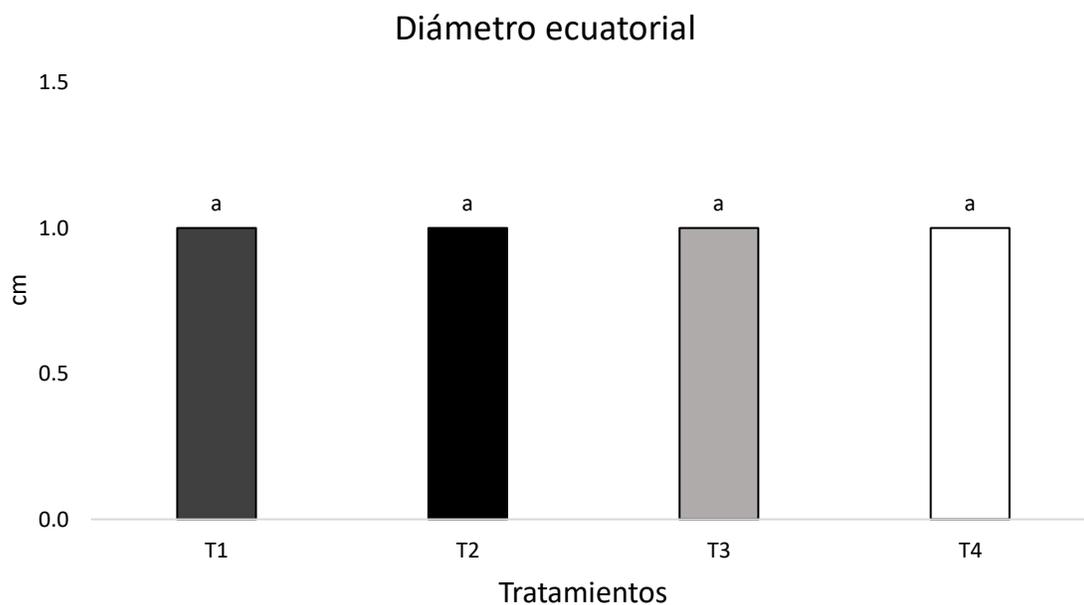


Gráfico 10. Medias de tratamiento del diámetro ecuatorial del fruto. Fuente propia (2024)

4.6 Promedio del peso del fruto por tratamiento

En el gráfico 11 se muestran los pesos promedio de los frutos para cada tratamiento, los cuales, tienen una similitud entre ellos, que va de 5.1-6.9 g por lo que no existen diferencias entre tratamientos ni el testigo. Esto se puede observar en el gráfico 11.

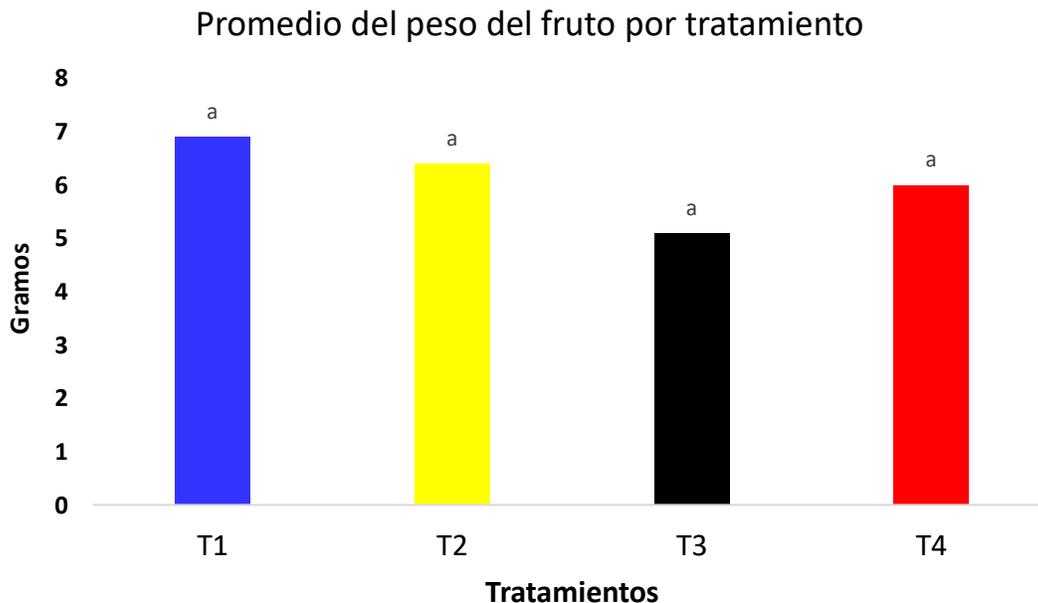


Gráfico 11. Medias del peso del fruto por tratamiento. Fuente propia (2024)

4.7 Peso promedio obtenido por cosecha

De acuerdo con los resultados obtenidos durante las nueve semanas de evaluación, se registró el peso promedio de la cosecha, en el gráfico 12, se muestran los valores obtenidos de cada uno de los tratamientos, para T1 fue 2,067 kg, para T2 fue 2,446, para T3 fue de 2,430 y para T4 fue de 1,102.

Según la prueba de comparación de medias de Tukey ($P > 0.05$) los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron un comportamiento similar, el T4 presentó el menor peso promedio de fruto.

Tabla 12. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05

Tukey	Agrupamiento	Media	N	Trat
A	2446.3	4	2	
A				
A	2430.0	4	3	
A				
A	2067.0	4	1	
A				
	1102.5	4	4	
A				

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.
Fuente: SAS (2024).

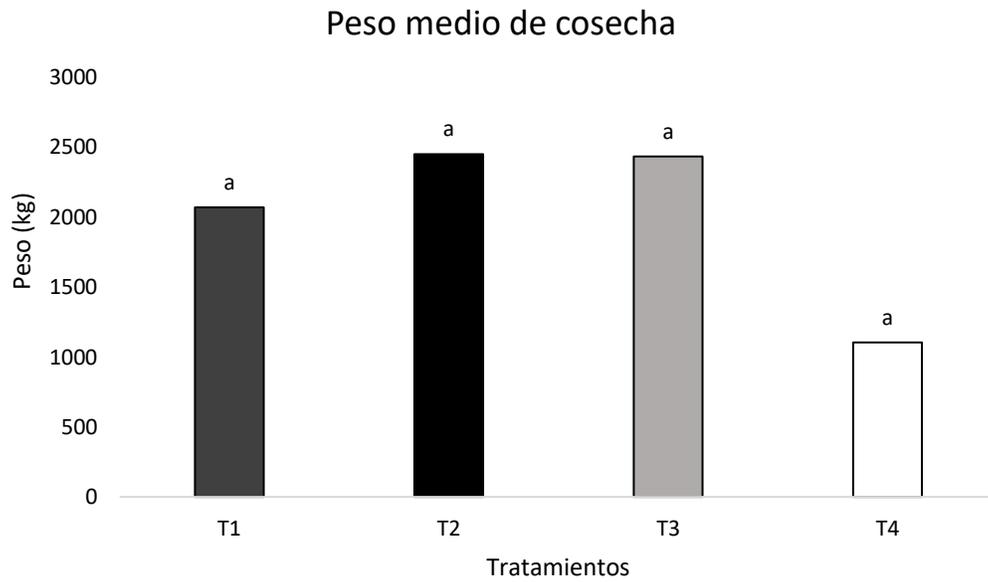


Gráfico 12. Peso promedio de cada cosecha por tratamiento. Fuente propia (2024)

4.8 Frutos totales por tratamiento

De acuerdo con los datos obtenidos durante nueve semanas, en el gráfico 13 se puede observar las medias de los tratamientos en los que destaco el T3 con 1874, seguido por T2 con 1524 y T1 con 1184 y siendo T4 el menor promedio con 726.

Sin embargo, para las medias de los tratamientos presentadas en el gráfico 14 se puede observar que para el T1 296, para T2 381, para T3 468 quien obtuvo mayor eficiencia siendo el mejor y para el T4 fue de 181 quien presento el menor número de frutos totales. Sin embargo, de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey ($P>0.05$) no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 13. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05

Tukey	Agrupamiento	Media	N	Trat
A	468.5	4	3	
A				
A	381.0	4	2	
A				
A	296.0	4	1	
A				
	181.5	4	4	
A				

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.
Fuente: SAS (2024).



Gráfico 13. Promedios de los frutos totales por tratamientos. Fuente propia (2024)

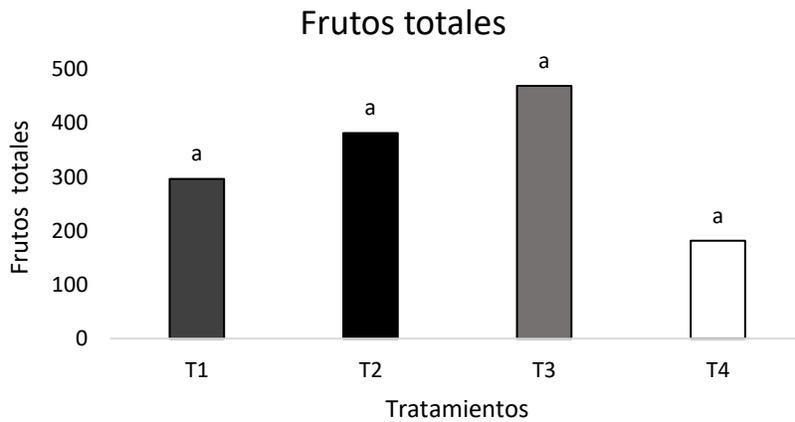


Gráfico 14. Medias de frutos totales. Fuente propia (2024)

4.9 Rendimiento total por tratamiento

En el gráfico 15 se muestra el rendimiento por tratamiento en gramos que se obtuvo al final de las nueve semanas de investigación.

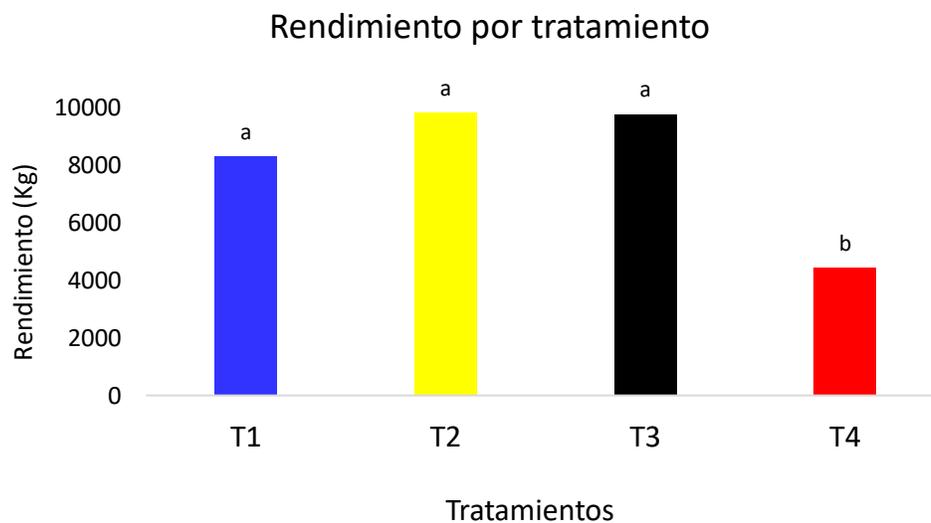


Gráfico 15. Rendimiento por tratamiento. Fuente propia (2024)

De acuerdo con los datos recolectados durante nueve semanas en el gráfico 13 se observa que en el rendimiento por tratamiento destacan el T2 y T3 ya que presentan mayor rendimiento, seguido por el T1 el cual presenta un rendimiento un poco más bajo que los anteriores y para el T4 que representa un rendimiento aún menor que el T1. Como se puede observar los tratamientos T2 y T3 obtuvieron una mayor producción.

4.10 Sólidos solubles

De acuerdo con el grafico 15, para el T1 se obtuvieron 69 grados brix, para T2 fue 69 grados brix, para T3 fue 68.7 grados brix y para T4 fue 69 grados brix. Según la prueba de Tukey ($P > 0.05$) los tratamientos se comportaron de la misma manera. Los tratamientos no obtuvieron diferencias significativas.

Tabla 14. Prueba de comparación de medias de Tukey, Alpha=0.05 (SAS, 2024).

Tukey	Agrupamiento	Media	N	Trat
A	69.000	4	1	
A				
A	69.000	4	2	
A				
A	69.000	4	4	
A				
	68.7500	4	3	
A				

Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

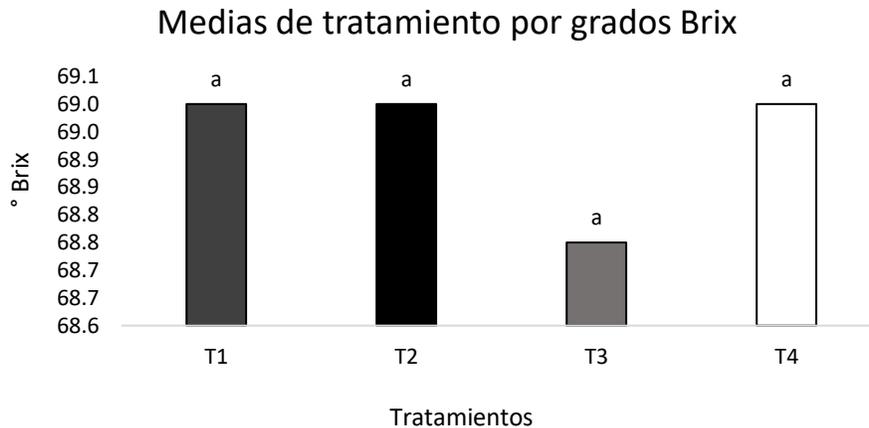


Gráfico 16. Medias de sólidos solubles. Fuente propia (2024)

4.11 Vida de anaquel

En la tabla siete se muestra el registro de días en que el chile conservaba sus propiedades a temperatura ambiente, teniendo un periodo de duración de ocho a diez días y a partir de ese día el chile pierde turgencia y firmeza, por lo que inicia el período de deshidratación del agua, generando que inicie la senescencia (se arrugue) y su muerte.

Tabla 15. Vida de anaquel de chile serrano bajo condiciones ambientales normales y de refrigeración.

Tratamientos	Mínimo de días	Máximo de días	En refrigeración a 4 °C
T1	8	10	22
T2	8	9	19
T3	8	10	20
T4	7	7	15

Fuente propia (2024).

4.12 Características organolépticas del chile serrano

Dentro de este cultivo las características de interés que se determinaron de forma cualitativa fueron el sabor y picor del chile. Los valores obtenidos de acuerdo a una escala propia se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 16. Características organolépticas del chile Serrano.

Tratamiento	SABOR					PICOR				
	Medias de tratamiento					Medias de tratamiento				
	M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5
T1	S1	1	1	1	1	PC4	PC4	PC4	PC4	PC4
T2	1	1	1	1	1	PC4	PC4	PC4	PC4	PC4
T3	1	1	1	1	1	PC4	PC4	PC4	PC4	PC4
T4	1	1	1	1	1	PC4	PC4	PC4	PC4	PC4

M= Muestreo

Sabor: 1= sabor maduro, 2=Sabe un poco dulce y maduro, 3=Sabe dulce.

Picor: PC1=No pica, PC2=Pica leve, PC3= Medianamente picoso, PC4= Pica, PC5= Extremadamente

Fuente propia (2024).

El cultivo de chile serrano presenta diferentes requerimientos nutrimentales en cada una de sus etapas fenológicas. Dichos aportes de nutrientes deben ser solventados con soluciones nutritivas que le permitan un crecimiento y desarrollo óptimo para lograr rendimientos altos y sanidad de las plantas.

También el chile serrano contiene capsicina y carotenoides elementos que son de suma importancia para la caracterización del chile. La capsicina es el compuesto responsable de su sabor picante y de muchos de sus beneficios para la salud, también, tiene mayor influencia en la vida de anaquel lo que permite que el chile dure más tiempo en llegar a la maduración, además esto es de importancia comercial y los carotenoides son los encargados de proporcionar el color verde en el chile.

Aun así, para incrementar la vida de anaquel del chile, es necesario aplicar nutrientes como Ca, K y B, los cuales le permitirán que su turgencia y firmeza se perpetúen por un mayor número de días, evitando que pueda deshidratarse rápidamente y que insectos puedan penetrarlo con facilidad, al igual que hongos y bacterias.

Es por esta razón que el determinar una nutrición óptima durante el chile permite que este tenga una vida de anaquel mayor, así como una calidad suprema (tamaño, color, sabor, etc).

4.13 Discusión

En esta investigación se utilizaron tres diferentes soluciones nutritivas, aun cuando las partes por millón de cada uno de los elementos varió, no se presentaron esas diferencias, porque el cultivo se comportó de forma similar. Esto quizás, se deba al manejo que se hizo al cultivo o, a que simplemente a la variedad del chile que se utilizó y que presenta diferentes requerimientos nutrimentales. González (2019), reportó en su investigación, que con la solución de Steiner (testigo) presentó plantas con la mayor altura 76.6 cm, mientras que los tratamientos con *Azospirillum*, obtuvieron una altura de 53 cm, seguido con el tratamiento con algas marinas, que alcanzaron alturas de 50.6 cm. Sin embargo, los tratamientos con biofertilizantes fueron estadísticamente similares entre sí a un $P = \alpha > 0.05$. Esto quiere decir que las soluciones nutritivas pueden comportarse de forma similar, siempre y cuando tengan los mismos nutrientes, no obstante, en este caso la solución nutritiva de Steiner estaba enriquecida con macros y micronutrientes que pudieron ser comparados con los de los otros tratamientos y que eran nitrogenados.

En esta investigación los diámetros fueron diferentes a los reportados en la investigación antes mencionada, obteniendo en los tratamientos T1, T2 y T3 un diámetro de 3 cm y en T4 se obtuvo un diámetro de solo 2 cm. Definiendo que las soluciones nutritivas si influyen en el diámetro del tallo. Cruz *et al.*, (2014), reportó en su investigación, que con la solución de Steiner al 75% se obtuvo un diámetro de 0.5 cm, a los 80 (DDT) el diámetro del tallo fue mayor en comparación con las soluciones al 25% el cual tuvo un grosor de 0.5 cm y 50% en el cual se obtuvo un grosor de 0.6 cm. Estas diferencias se atribuyen a que en la dilución de 75 % los nutrimentos estuvieron en mayor disponibilidad para la planta de chile durante la etapa de fructificación cuando hay mayor demanda de nutrimentos.

Para el número de flores, no se encontraron trabajos con el cual exista una comparativa con esta variable, para lo cual esta investigación servirá para contrastar trabajos futuros

que tengan relación con esta variable. Se puede entonces demostrar que no existen diferencias entre los tratamientos evaluados, por lo que el uso de cualquier solución nutritiva de las evaluadas en esta investigación, se comportará de forma similar en la floración, de acuerdo a las condiciones en las que se desarrolló esta investigación que fueron de temperaturas 35 °C durante el día y humedades relativas de 70% en promedio (Sistema de estaciones de Huatzindeo de Fundación Produce, 2024).

En la investigación realizada se observó que el diámetro del chile en T1 fue 7 cm, en T2 fue de 7 cm, en T3 fue de 8 cm y en T4 fue de 7.2 cm; estos valores son similares a los que, Delgado *et al.*, (2014) obtuvo en su investigación, en la cual la longitud, presentó diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en el factor "híbrido". El híbrido Arista (H3) presentó los mayores promedios de longitud con valores promedio de 7.65 cm respectivamente. Las soluciones nutritivas pueden tener un comportamiento similar e influir en el desarrollo de la longitud del chile, en este caso la solución de Steiner fue la que obtuvo mayor respuesta teniendo una longitud de 8 cm.

El diámetro ecuatorial del fruto obtenido en el presente trabajo fue de 1 cm para todos los tratamientos, resultados similares a lo reportado por Delgado *et al.* (2014), quien reportó en su investigación que el diámetro ecuatorial promedio obtenido fue de 1.51 cm siendo el mayor en el tratamiento donde se utilizó la solución de Steiner. Mientras que Ramírez, (2012) evaluó la fertilización orgánica de chile jalapeño, en la cual obtuvo un mayor diámetro ecuatorial de 2.6 cm con el tratamiento (Steiner) demostrando que fue el que presentó una mayor respuesta.

De acuerdo con los datos recolectados durante nueve semanas en el gráfico 13 se observa que en el rendimiento por tratamiento destacan el T2 y T3 ya que presentan mayor rendimiento, seguido por el T1 el cual presenta un rendimiento un poco más bajo que los anteriores y para el T4 que representa un rendimiento aún menor que el T1. Como se puede observar los tratamientos T2 y T3 obtuvieron una mayor producción. Valentín-Miguel *et al.* (2013) mostraron que para chile de agua (*Capsicum annum* L.) hubo incremento significativo de rendimiento de fruto al aumentar la concentración de las diluciones de Steiner al 25, 50 y 75 %, situación similar a la que se observó en este estudio con chile serrano.

En esta investigación, de acuerdo con los datos obtenidos para la variable de grados Brix no se obtuvieron variaciones ya que todos los tratamientos oscilaron entre los 6.7 y 6.9 grados Brix similares a los reportados en las siguientes investigaciones. Según Gómez *et al.*, (2017) mencionan que en general los chiles serranos comercialmente se cosechan con valores de entre 5 a 6 °Brix. Mientras que López *et al.*, (2019) observo que los valores que se obtuvieron en su estudio oscilaron entre 6 y 6.8.

De acuerdo con los resultados obtenidos para las variables de sabor y picor, se puede observar que no se presentaron diferencias entre los tratamientos ya que los chiles fueron evaluados de manera cualitativa esto quiere decir que se hizo uso de una escala propia tanto para sabor como para el picor en los tratamientos. López (2010) menciona que el contenido de capsaicinoides varía entre cultivares de la misma especie y entre los frutos de un mismo cultivar. Además, la pungencia de un cultivar dado, varía según las condiciones ambientales, la humedad influye ya que los chiles con mayor cantidad de agua son menos picosos porque tienen menos capsaicinoides por unidad de peso y la temperatura al parecer los climas cálidos provocan el aumento en la producción de capsaicinoides; sin embargo, la pungencia incrementa también con la maduración. Esta información es similar a lo que menciona Romero (2016) mencionando que la pungencia de los frutos o el picor de los mismos si bien, no se registran diferencias significativas cabe resaltar que el mayor picor de los frutos registrados por el panel de catadores fue en los tratamientos T2 (66.20%) y T3 (68.05%).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Para los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron un comportamiento estadísticamente similar, siendo el T4 el tratamiento que presentó diferencias con los demás tratamientos ya que obtuvo el menor crecimiento, destacando el T1 con mayor altura, por lo que las soluciones nutritivas de Cooper, Hoagland y Steiner tuvieron un impacto positivo.

La aplicación de soluciones nutritivas de Cooper, Hoagland y Steiner presentaron plantas con un mayor número de frutos, mientras que el testigo se comportó de manera diferente según la prueba de Tukey ($P > 0.05$).

Para la variable del diámetro del tallo se pudo observar que T1, T2 y T3 no presentan diferencias entre ellos ya que obtuvieron un diámetro de 3 cm, siendo el T4 el que presente menor diámetro.

De acuerdo con la variable del número de flores, según la prueba de Tukey entre los tratamientos si se presentaron diferencias ya que los tratamientos T3 y T4 tuvieron una disminución de floración mientras que T1 y T2 tuvieron una mayor floración durante las nueve semanas de monitoreo, siendo T2 el que sobre sale con 38 flores.

Para el diámetro polar de los chiles, no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey ($P > 0.05$). Resaltando el T3 con un diámetro de 8 cm. Mientras que para el diámetro ecuatorial del fruto no se mostraron diferencias significativas obteniendo 1 cm para cada uno de los tratamientos.

En la variable promedio del peso del fruto por tratamiento se obtuvieron similitudes entre los tratamientos teniendo valores de 5.1-6.9 g por lo que la prueba estadística arrojó que no existen diferencias entre los tratamientos.

Para el peso promedio por cosecha los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron un comportamiento similar, siendo T4 el que presentó un menor peso promedio del fruto.

El rendimiento por tratamiento con mejor repuesta se presentó en el tratamiento T2 y tratamiento T3.

En cuanto a los frutos totales por tratamiento resalta el tratamiento 3 con 468, seguido del tratamiento 2 y el tratamiento 1, en los cuales fueron de 381 frutos y 26 frutos, siendo el tratamiento 4 con menor número de frutos.

Para la variable de sólidos solubles se observó que todos los tratamientos se comportaron de la misma manera, no teniendo así diferencias significativas entre ellos, por lo que se concluye que no influyen las soluciones nutritivas en esta variable.

Los resultados para las variables de características organolépticas de sabor y picor fueron tomados de forma cualitativa por lo que se concluye que su sabor y picor entre los tratamientos es similar obteniendo para el sabor un parámetro catalogado como sabor normal del chile y para el picor el parámetro obtenido fue el PC4, indicando que si pica.

Finalmente se llegó a la conclusión de que cualquiera de las tres soluciones nutritivas utilizadas para la realización de este estudio tiene efectos positivos sobre el cultivo de chile serrano, ya que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

5.2 Recomendaciones

Las soluciones nutritivas de Cooper, Hoagland y Steiner pueden satisfacer los requerimientos nutricionales del chile serrano, para lo cual se recomienda aplicar una dosis de acuerdo al requerimiento y la etapa en la que se encuentre el cultivo, además tomando en cuenta la calidad del agua de riego y los nutrientes en el suelo ya que influyen en la formulación de las soluciones nutritivas.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aloi, Peg. (2022), How to Grow Serrano Peppers. The spruce make your best home. Disponible en: <https://www.thespruce.com/growing-serrano-pepper-plants-5082978#:~:text=Serrano%20peppers%20are%20frequently%20eaten%20raw%20and%20added,in%20part%20due%20to%20the%20presence%20of%20capsaicin>
- Axe, Josh. (2019). Serrano Pepper: The Heart-Healthy, Immune-Boosting Hot Pepper. Dr. Axe. Disponible en: <https://draxe.com/nutrition/serrano-pepper/>.
- Aguirre Hernández E. y Muñoz Ocotero V, 2015. El chile como alimento. Ciencia, volumen 66 numero (3). Pag.16. Disponible en: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Chile.pdf
- Baños A. S, Cabrera 1991, el pimiento editorial mundi prensa. España. Pag. 9.
- Barrales, J.C. 2010. Comparación en la respuesta fisiológica en plantas de chile bajo el efecto de tres temperaturas nocturnas (Tesis de maestría). universidad autónoma de León. Facultad de agronomía. Marín, Nuevo León. 7-11 p.
- Bayer. (31 de Julio 2019). Vegetables México. Conoce y controla las tres enfermedades más comunes en los chiles. Disponible en: <https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/recursos/noticias/conoce-y-controla-las-tres-enfermedades-mas-comunes-en-los-chiles-jalapenos.html>.
- Bray, Matt. (2022). Serrano Pepper Guide: Heat, Flavor, Uses. PepperScale. Disponible en: <https://pepperscale.com/serrano-peppers/#:~:text=Serrano%20peppers%20are%20medium%2Dheat,significant%20step%20up%20in%20spiciness>.
- CANNA RESEARCH, 2017. Mosca blanca-plagas y enfermedades. Disponible en: <https://www.canna-cl.com/articles/mosca-blanca-plagas-y-enfermedades>

Castellanos, J. Z. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Editorial INTAGRI. México.132-133. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/preparacion-monitoreo-dela-solucion-nutritiva>.

Cruz Crespo *et al.*, 2014. Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. SciELO. Rev. fitotec. mex vol.37 no.3 Chapingo. Disponible en: Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato (scielo.org.mx).

Delgado Ramírez, Gerardo, Inzunza Ibarra, Marco Antonio, Villa Castorena, Ma. Magdalena, Catalán Valencia, Ernesto Alonso, & Román López, Abel. (2014). Evaluación de tecnología para maximizar la producción de chile serrano en la Región Lagunera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(8), 1557-1565. Disponible en: Evaluación de tecnología para maximizar la producción de chile serrano en la Región Lagunera (scielo.org.mx).

FAOSTAT. 2020. Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#home>.

Gilsanz, J.C. 2007. Hidroponía. Instituto de Investigación Agropecuaria. 13 p.

Google Maps.

Goldense D, 2015. Plagas más comunes en la región. Hortalizas. Disponible en: <https://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/manejo-integrado-en-cultivo-de-chile/>

Gómez y Gómez, Y.; Gumecindo, C.; Bautista, E. y Torres, L. G. 2017. Elaboración de una película comestible incluyendo principios activos vegetales para la protección del chile serrano. Conferencia SNIQBA, Tlaxcala, Tlaxcala. 2 p. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/319771604_Elaboracion_de_una_película_comestible_incluyendo_principios_activos_vegetales_para_la_proteccion_del_chile_serrano

Gonzalez R; J. 2019. Fertilización biológica en la producción y calidad de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en invernadero. Tesis de ingeniería. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 46 p. Disponible en: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Frepositorio.uaan.mx%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F46911%2FJuana%2520Gonz%25c3%25a1lez%2520Roblero.docx%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&wdOrigin=BROWSELINK>

Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1938. The water-culture method for growing plants without soil. (Circular N° 347), University of California, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station. Berkeley, California: California Agricultural Experiment Station. 39p.

HortiCultivos. 2010. El cultivo del chile serrano en México. Recuperado de <https://www.horticultivos.com/revista/el-cultivo-del-chile-serrano-en-mexico-2/#:~:text=Debido%20a%20su%20amplio%rango%20de%20condiciones>

Howard, K. S., 2011. Cytotoxic activity of Verbenaceae (*Daniellia oliven*) and Solanaceae (*Capsicum frutescens*) on breast cancer, prostate cancer, and colon cancer cells. Tennessee State University. 49.

INIFAP, 2012. Chile serrano. p 14. Disponible en: guía para la asistencia técnica agrícola (inifapcirne.gob.mx)

INIFAP.2012. Paquete tecnológico para chile serrano, jalapeño y otros tipos de chiles con fertirriego. 1 p. Disponible en: 88.pdf (inifapcirne.gob.mx).

INTAGRI. 2017. Soluciones Nutritivas para el Cultivo de Tomate. Serie Horticultura 30 Protegida Núm. 33. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. Disponible en: Soluciones Nutritivas para el Cultivo de Tomate | Intagri S.C.

INTAGRI. 2020. Cultivo de Chile en México. Serie Hortalizas, Núm. 21. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p. Disponible en: Cultivo de Chile en México | Intagri S.C.

LÓPEZ RIQUELME, G. O. (2009). Chilli. Especia del nuevo mundo. *Ciencias*, (069). Disponible en: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/11879>

- López, S. R. Peña, R. F. Sánchez, B.F. Benavides, M. A. González, F. J. Lozano, C. C. (2019). Efecto de un fulvato de hierro sobre calidad y producción de frutos de chile 'Serrano'. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. Vol. 10. No.6. Disponible en: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1779>
- Mata Vázquez H., Vázquez García E., Ramírez Meraz M., y Phathistan Pérez J., (2010). *Fertirrigación de chile serrano con riego por goteo en el sur de Tamaulipas inifap Villa Cuahutemoc, Tamaulipas*. ISBN 978-607-425-645-5
- Mauseth, J. D., 2003. *Plant Structure*. En: *Botany. An Introduction to plant biology*. Jones and Barlett Publishers. U.S.A
- Momo, J., Kumar, A., Islam, K., Ahmad, I., Rawoof, A., & Ramchiary, N. (2022). A comprehensive update on *Capsicum* proteomics: Advances and future prospects. *Journal of Proteomics*, 261,104578. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2022.104578>
- Montes R.C. 2022. *Potencial productivo y calidad de chile serrano autóctono en el municipio de Tlaola, Puebla*. Tesis para obtener el título de licenciado en biología. Benemérita Universal Autónoma de Puebla.
- Moreno, A. 2017. *Tratamiento con láser He-Ne y diodos emisores de luz (LEDs): su efecto en la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos variedades de *Capsicum annum* (Solanaceae)*. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencia y tecnología. Centro Universitario de los Lagos.
- Benavides, C. Y Ramos, J. 2021 *Evaluación de cuatro soluciones nutritivas en el rendimiento de siete especies de hortalizas de hoja cultivadas simultáneamente bajo la técnica de flujo laminar de nutrientes*. Trabajo de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Ramírez, Cruz, E. B. E. L., & Preciado Rangel, d. p. (2014). *Fertilización orgánica de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) bajo condiciones de invernadero en la comarca lagunera*. Tesis de licenciatura de ingeniero agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. p 41-42.

- Reyes, C. 2018. Hortalizas y otros cultivos, guía de manejo de chile. Panorama Agro revista de agricultura. Recuperado de https://panorama-agro.com/?page_id=2321
<https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/principales-plagas-y-enfermedades-del-chile-serrano> .
- Romero, H. 2016. Evaluación agronómica de ecotipos de chile Serrano en la sierra norte de Puebla. Tesis de maestría. Benemérita Universidad Autónoma De Puebla. San Juan Acaten, Teziutlán, Puebla, México. 221 p. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/c655fa97-c21d-4165-a5b5-346d86c34011/content>.
- Patiño, Lenin. (2021). En 2020, crece 3.8% el valor de la producción de chile verde en México. Revista electrónica Contralínea Periodismo de investigación. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-2-7-porciento-la-produccion-de-chile-verde-en-mexico-en-2020-y-registra-mayor-demanda-en-los-mercados-internacionales?idiom=es>.
- PANORAMA, 2018. Guía del manejo del chile. PANORAMA agro.com Revista de agricultura. Disponible en: Guía de manejo del chile – Panorama AGROPECUARIO (panorama-agro.com).
- Proain, 2020. Principales plagas y enfermedades del chile serrano. Disponible en: <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/principales-plagas-y-enfermedades-del-chile-serrano>
- Ramos, G.F. 2015. Hortalizas. Manejo integrado en cultivo de chile. Meister media worldwide. 2023.
- Ramírez, G. D. 2014. Evaluación de tecnología para maximizar la producción de chile serrano en la región lagunera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
- Ramírez, O.G. 2017. Diversidad morfológica, fisiología y climática en colecta de chile piquín (*Capsicum Annuum* var. *Gabriusculum*) En México. (Tesis de maestría). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo, de México.

- Romero M. 2016. Evolución agronómica de ecotipos de chile serrano en la sierra norte de Puebla (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Puebla, San Juan Acate, Teziutlán, Puebla. 6 p.
- Sánchez L.G. 2015. Manejo de la poda sobre la bioproductividad del cultivo de chile de árbol bajo condiciones de hidroponía. Título de ingeniero agrónomo. Instituto de Ciencias Agrícolas. 12 p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12930/4552>
- Secretaría de GBIF (2022). Taxonomía de la columna vertebral de GBIF. Conjunto de datos de la lista de verificación Artículos técnicos de INTAGRI MEXICO. 6p. Disponible en: www.gbif.org/dataset/d7dddbf4-2cf0-4f39-9b2a-bb099caae36c#citation-Seriehortalizas.
- Sepulveda R, Paulina. 2018. Manejo integrado de plagas y enfermedades. INIA. Vol 4. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68365/Capitulo%203.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Trejo L. and F. Gómez. 2012. Nutrient solutions for hydroponic systems (cap. 1, pp. 1-22). En: Toshiki, A. (Ed.). Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches. Rijeka, Croatia: InTech. 244p. Chang, R. and K.A. Goldsby. 2017.
- Valentín-Miguel M. C., R. Castro-Brindis, J. E. Rodríguez-Pérez y M. Pérez-Grajales (2013) Extracción de macronutrientes en chile de agua (*Capsicum annum* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura 19:71-78. Disponible en: v19n4a6.pdf (scielo.org.mx).
- Valle, E. M. (2013). Rendimiento y calidad de fruto de tres híbridos de chile serrano (*Capsicum Annum*) bajo dos láminas de riego y diferente colocación de cintilla (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 9 p. 31. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7056/ENRIQUE%20MIGUEL%20VALLE.pdf?sequence=1>.
- Vázquez, *et al.*, 2011. Edad del trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento del chile. P 19-23. Disponible en: Edad al trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento de chile apaxtleco (scielo.org.mx).

Velásquez-Valle, R., Reveles-Torres, L.R. y Reveles. Hernández, M. 2013. Manejo de las principales enfermedades del chile para secado en el norte centro de México. Folleto Técnico. Núm. 50. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 57 páginas. Disponible en: [EnfChilS.pdf \(inifap.gob.mx\)](#).

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadísticos de variables del chile serrano

Sistema SAS 13:50 Sunday, February 21, 2024 92

Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Trat	4	1 2 3 4
Rep	4	1 2 3 4

Número de observaciones leídas	16
Número de observaciones usadas	16

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Alp

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	2083.500000	694.500000	1.64	0.2317
Error	12	5071.500000	422.625000		
Total corregido	15	7155.000000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Alp Media
0.291195	23.16377	20.55785	88.75000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Trat	3	2083.500000	694.500000	1.64	0.2317

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Dit

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	2.25000000	0.75000000	1.64	0.2331
Error	12	5.50000000	0.45833333		
Total corregido	15	7.75000000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Dit Media
0.290323	28.50540	0.677003	2.375000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Trat	3	2.25000000	0.75000000	1.64	0.2331

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Nof

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	2748.250000	916.083333	4.80	0.0202
Error	12	2291.500000	190.958333		
Total corregido	15	5039.750000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Nof Media
0.545315	47.85720	13.81877	28.87500

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Trat	3	2748.250000	916.083333	4.80	0.0202

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Dip

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	2.68750000	0.89583333	3.91	0.0369
Error	12	2.75000000	0.22916667		
Total corregido	15	5.43750000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Dip Media
0.494253	6.546510	0.478714	7.312500

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Trat	3	2.68750000	0.89583333	3.91	0.0369

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Die

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	0	0	.	.
Error	12	0	0		
Total corregido	15	0			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Die Media
0.000000	0	0	1.000000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Trat	3	0	0	.	.

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Pet

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	4774044.19	1591348.06	1.06	0.4009
Error	12	17960033.75	1496669.48		
Total corregido	15	22734077.94			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Pet Media
0.209995	60.82140	1223.384	2011.438

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Trat	3	4774044.188	1591348.063	1.06	0.4009

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Frt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	179917.0000	59972.3333	1.33	0.3108
Error	12	541506.0000	45125.5000		
Total corregido	15	721423.0000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Frnt Media
0.249392	64.03244	212.4276	331.7500

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Trat	3	179917.0000	59972.3333	1.33	0.3108

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: gbr

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	0.18750000	0.06250000	1.00	0.4262
Error	12	0.75000000	0.06250000		
Total corregido	15	0.93750000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	gbr Media
0.200000	0.362647	0.250000	68.93750

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Trat	3	0.18750000	0.06250000	1.00	0.4262

Medias de Tukey

Sistema SAS

13:50 Sunday, February 21, 2024 101

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Alp

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	422.625
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	43.158

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Trat
A	97.75	4	1
A			
A	95.50	4	2
A			
A	92.50	4	3
A			
A	69.25	4	4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Dit

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	0.458333
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	1.4213

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Trat
A	2.7500	4	1
A			
A	2.5000	4	2
A			
A	2.5000	4	3
A			
A	1.7500	4	4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Nof

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	190.9583
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	29.01

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Trat
A	38.000	4	2
A			
A	36.250	4	1
A			
B A	35.000	4	3
B			
B	6.250	4	4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Dip

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	0.229167
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	1.005

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Trat
A	8.0000	4	3
A			
A	7.2500	4	4
A			
A	7.0000	4	1
A			
A	7.0000	4	2

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Die

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	0
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	0

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Trat
A	1.000	4	1
A			
A	1.000	4	2
A			
A	1.000	4	3
A			
A	1.000	4	4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Pet

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	1496669
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	2568.3

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Trat
A	2446.3	4	2
A			
A	2430.0	4	3
A			
A	2067.0	4	1
A			
A	1102.5	4	4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Frt

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	45125.5
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	445.96

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Trat
A	468.5	4	3
A			
A	381.0	4	2
A			
A	296.0	4	1
A			
A	181.5	4	4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para gbr

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	0.0625
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	0.5248

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Trat
A	69.0000	4	1
A			
A	69.0000	4	2
A			
A	69.0000	4	4
A			
A	68.7500	4	3

Anexo 2. Fotografías de los insumos aplicados al chile serrano



Fuente propia (2023).

Figura 13. a) Microelementos, b) Nitrato de calcio, c) Sulfato de potasio, d) Sulfato ferroso.

Anexo 3. Colocación de trampas



Fuente propia (2023).

Figura 14. Colocación de trampas de color amarillo con aceite.

Anexo 4. Tutorado



Fuente propia (2023).

Figura 15. Tutorado alrededor de la planta, se colocación de palos, rafia y estacas para ir guiando el crecimiento de la planta hacia arriba.

Anexo 5. Colocación de tratamientos



Fuente propia (2023).

Figura 16. Delimitación de los tratamientos, colocación de carteles que indicaban que tratamiento era con su repetición.

Anexo 6. Mantenimiento y limpieza.



Fuente propia (2023).

Figura 17. Limpieza del área por lo menos una vez a la semana para prevenir el crecimiento de pasto u otro tipo de hierbas que podrían interferir con la nutrición del cultivo.

Anexo 7. Aplicación de soluciones nutritivas



a)

b)

Fuente propia (2023).

Figura 18. a) preparación de soluciones nutritivas, b) aplicación de las soluciones nutritivas

Anexo 8. Medición de plantas



Fuente propia (2023).

Figura 19. Realización de mediciones durante nueve semanas con un flexómetro a cada una de las plantas de cada tratamiento.

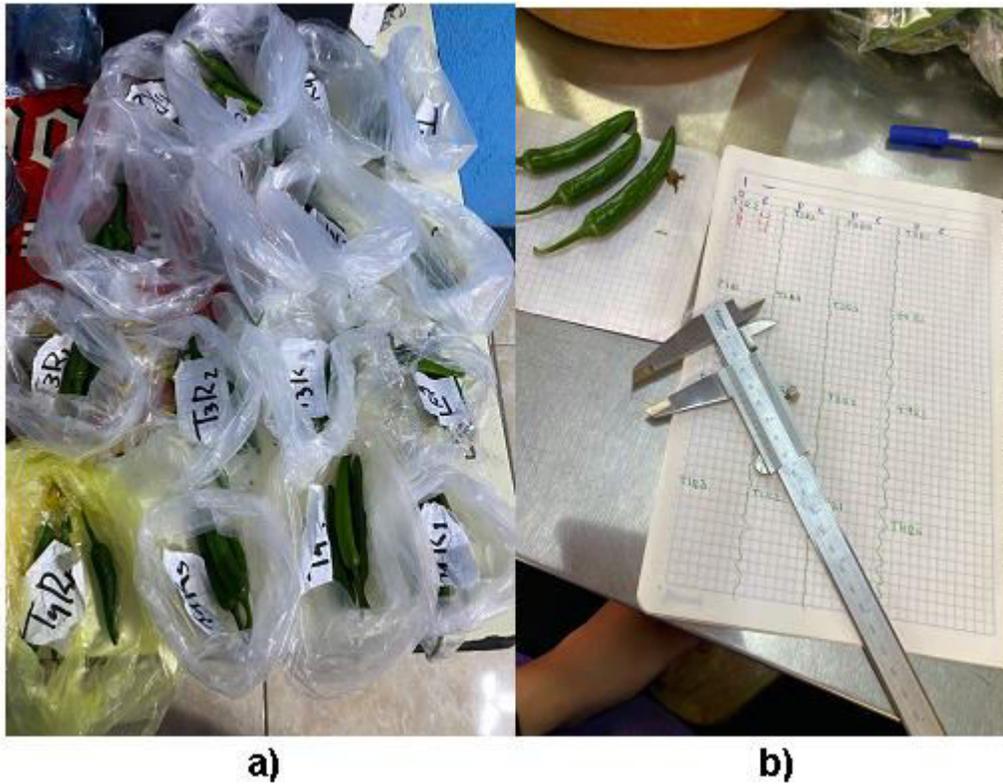
Anexo 9. Aplicación de micronutrientes



Fuente propia (2023).

Figura 20. Se realizaron aplicaciones con bomba de los micronutrientes ya que esto iban aplicados de manera foliar.

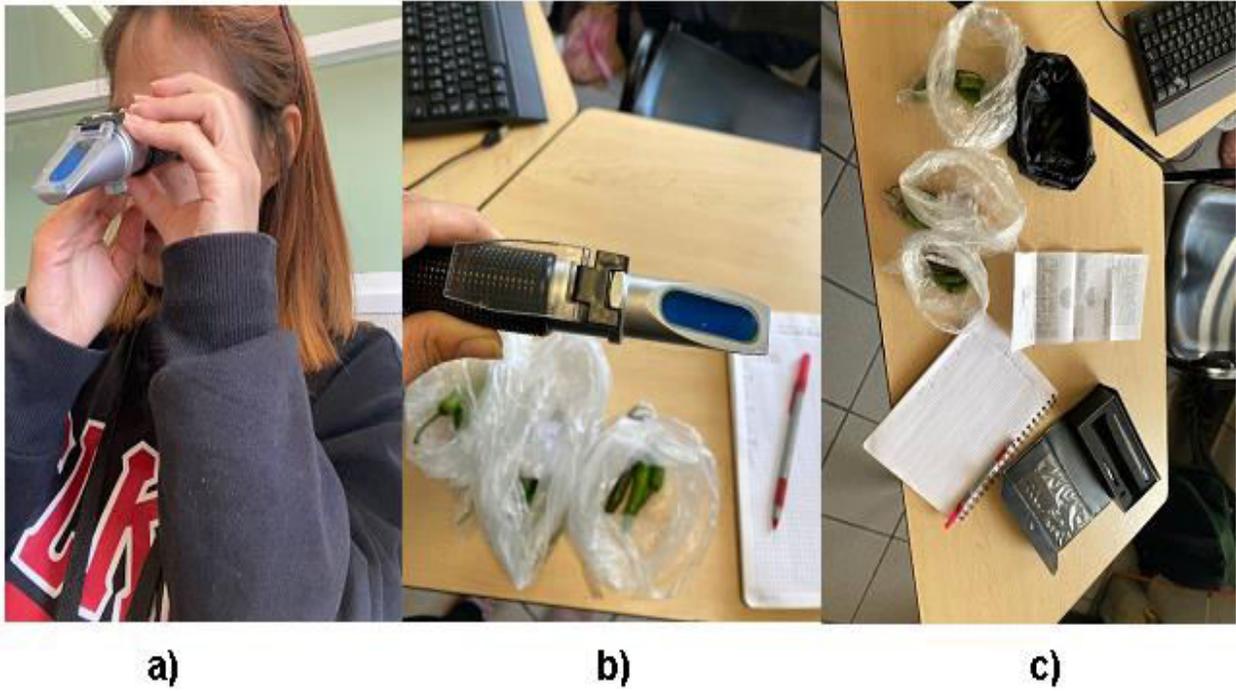
Anexo 10. Preparación para toma de datos del fruto



Fuente propia (2023).

Figura 21. a) Colocación de chiles en orden por tratamiento y repetición, b) Medición del diámetro ecuatorial y polar con vernier.

Anexo 11. Toma de datos de ácidos solubles



Fuente propia (2023).

Figura 22. a) Calibración del refractómetro, b) Medición de ácidos solubles, c) Objetos utilizados para medir y anotar resultados