

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Contenido Mineral de Chile Manzano (*Capsicum pubescens*) en  
Respuesta a la Aplicación de Tres Bioinsumos Líquidos

Por:

**ROMÁN CASTRO GONZÁLEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Contenido Mineral de Chile Manzano (*Capsicum pubescens*) en Respuesta a la  
Aplicación de Tres Bioinsumos Líquidos

Por:

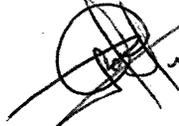
**ROMÁN CASTRO GONZÁLEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Valentín Robledo Torres

Asesor Principal



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Coasesor



Dra. Laura Raquel Luna García

Asesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2023

## DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Alumno



---

Roman Castro González

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la mejor formación académica.

Al Dr. Valentín Robledo Torres por darme la oportunidad de realizar esta tesis y brindarme sus conocimientos y tiempo.

A la Dra. Laura Raquel Luna García por brindarme su tiempo de revisión y sus comentarios.

## DEDICATORIA

A mis padres, quienes han sido mi fuente inagotable de apoyo y motivación durante todo este proceso. Su amor incondicional y aliento constante han sido fundamentales para alcanzar este logro

A mis amigos quienes han compartido risas, ánimos y momentos inolvidables a lo largo de esta travesía académica.

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue conocer el contenido mineral del chile manzano (*Capsicum pubescens*) con la aplicación de tres de bioinsumos, dentro los cuales se encontraron (*trichoderma spp.*), un fertilizante foliar complejo rico en potasio y un desinfectante a base de sales cuaternarias de amonio. El diseño experimental se realizó con bloques completos al azar, usando 2 bloques con 14 tratamientos de 5 repeticiones. Se utilizó una fertilización inicial para la fase vegetativa de 200-100-100-80(Mg), posteriormente se modificó a 100-120-140-40(Mg) enfocándonos en el cuajado de los frutos, esto aunado a las aplicaciones de los tratamientos de los productos ya mencionados anteriormente. Los tratamientos se aplicaron en cuatro niveles, 0, 1, 2 y 3, donde el nivel cero fue sin aplicaciones, nivel 1 aplicación en trasplante (Plántulas), nivel 2 aplicación en trasplante y 30 días después del trasplante, el nivel 3 las mismas aplicaciones anteriores más una adicional a los 60 días después del trasplante, además de tener un testigo el cual no tuvo aplicaciones de ninguno de estos productos. Los resultados obtenidos de las variables a evaluar del contenido mineral de los elementos, Posforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Fierro (Fe), Zinc (Zn) y Cobre (Cu), no fueron estadísticamente significativas con respecto a los tratamientos y repeticiones.

Palabras clave: *Capsicum*, *Trichoderma*, Bioinsumo, Sales cuaternarias de amonio, Fertilizante foliar.

## Contenido

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.....	1
AGRADECIMIENTOS .....	2
DEDICATORIA.....	2
RESUMEN .....	3
ÍNDICE DE CUADROS .....	8
ÍNDICE DE GRAFICAS.....	9
1. INTRODUCCION .....	10
1.1. Objetivos .....	11
1.1.1. Objetivos específicos.....	11
1.1.2. Objetivo general .....	12
1.2. Hipótesis .....	12
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	12
2.1. Generalidades del Capsicum .....	12
2.2. Usos del chile.....	12
2.3. Propiedades y beneficios del chile .....	13
2.4. Importancia económica .....	13
2.5. Importancia mundial.....	13
2.6. Importancia nacional.....	14
2.7. Origen .....	15
2.8. Clasificación Taxonómica .....	15
2.9. Descripción botánica.....	16
2.9.1. Semilla.....	16
2.9.2. Raíz .....	16
2.9.3. Tallo.....	16

2.9.4.	Hojas .....	17
2.9.5.	Flor .....	17
2.9.6.	Fruto .....	17
2.10.	Requerimientos ambientales .....	17
2.10.1.	Temperatura.....	17
2.10.2.	Radiación .....	17
2.10.3.	Humedad relativa y del suelo .....	18
2.10.4.	Suelo.....	18
2.11.	Aspectos fisiológicos .....	18
2.12.	Requerimiento nutricional .....	19
2.13.	Sistemas de producción .....	19
2.13.1.	Producción de plántula.....	20
2.13.2.	Riego.....	20
2.13.3.	Podas.....	20
2.13.4.	Sombreo.....	21
2.13.5.	Sistema de tutoreo .....	21
2.13.6.	Nutrición del cultivo .....	21
2.14.	Plagas.....	22
2.14.1.	<i>Bemisia tabaci</i> .....	22
2.14.2.	<i>Frankliniella occidentalis</i> .....	23
2.14.3.	<i>Tetranychus urticae</i> .....	23
2.15.	Enfermedades .....	24
2.15.1.	<i>Pseudomonas Solanacearum</i> .....	24
2.15.2.	<i>Xanthomonas vesicatoria</i> .....	25
2.15.3.	<i>Fusarium spp</i> .....	25

2.16.	Efectos de los fertilizantes químicos sobre las plantas y el ambiente...	25
2.17.	Bioproductos en la producción de cultivos.....	26
2.18.	<i>Trichoderma spp.</i> .....	27
2.19.	Fulvato de potasio, auxinas, citoquininas, aminoácidos y ácido fúlvico.	27
2.20.	Sales cuaternarias de amonio .....	27
3.	MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1.	Sitio de estudio .....	27
3.2.	Material genético.....	28
3.3.	Material de trabajo .....	28
3.3.1.	Producción de plantula .....	28
3.3.2.	Preparación del terreno.....	28
3.4.	Producción y manejo.....	28
3.5.	Producción de plántula.....	29
3.6.	Preparación de terreno .....	29
3.7.	Manejo experimental.....	29
3.8.	Trasplante .....	29
3.9.	Riegos.....	30
3.10.	Fertilización.....	30
3.11.	Tutoreo .....	31
3.12.	Podas .....	31
3.13.	Control de malezas.....	31
3.14.	Control de plagas y enfermedades .....	31
3.15.	Diseño de tratamientos .....	33
4.	VARIABLES A EVALUAR .....	35
4.1.	Determinación de Fosforo (P) .....	35

4.2. Determinación de Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Zinc (Zn) y Cobre (Cu).....	36
4.3. Número total de frutos.....	36
4.4. Peso total de frutos .....	36
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
5.1. Contenido de Fósforo (P).....	37
5.2. Contenido de Potasio (K) .....	38
5.3. Contenido de Calcio (Ca).....	39
5.4. Contenido de Magnesio (Mg).....	40
5.5. Contenido de hierro (Fe).....	41
5.6. Contenido de Zinc (Zn) .....	42
5.7. Contenido de Cobre (Cu) .....	43
5.8. Número total de frutos.....	44
5.9. Peso total de frutos .....	44
6. CONCLUSIÓN .....	45
7. LITERATURA CITADA.....	45

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b> Principales países productores de chile .....	13
<b>Cuadro 2</b> Producción nacional de chile .....	14
<b>Cuadro 3</b> Cantidad necesaria de nutrimentos para producir una tonelada de frutos de chile manzano ( <i>Capsicum pubescens</i> ). .....	19
<b>Cuadro 4</b> Cantidad de fertilizantes utilizados para preparar 1,000 litros de solución nutritiva para irrigar plantas de chile manzano establecidas en macetas e invernadero. ....	21
<b>Cuadro 5.</b> Fertilización de trasplante a floración por 500 L de agua .....	30
<b>Cuadro 6.</b> Fertilización de cuajado de frutos a cosecha por 500 L de agua .....	30
<b>Cuadro 7.</b> Plaguicidas utilizados en el cultivo de chile manzano, durante el experimento .....	32
<b>Cuadro 8</b> Los niveles de los productos antes citados, dieron origen a 14 tratamientos, que se muestran a continuación.....	34

## ÍNDICE DE GRAFICAS

<b>Gráfica 1.</b> Comparación de medias de la variable Fosforo (P) en ppm del chile manzano .....	37
<b>Gráfica 2.</b> Comparación de medias de la variable Potasio (K) en ppm del chile manzano .....	38
<b>Gráfica 3.</b> Comparación de medias de la variable Calcio (Ca) en ppm del chile manzano .....	39
<b>Gráfica 4.</b> Comparación de medias de la variable Magnesio (Mg) en ppm del chile manzano .....	40
<b>Gráfica 5.</b> Comparación de medias de la variable Fierro (Fe) en ppm del chile manzano .....	41
<b>Gráfica 6.</b> Comparación de medias de la variable Zinc (Zn) en ppm del chile manzano .....	42
<b>Gráfica 7.</b> Comparación de medias de la variable Cobre (Cu) en ppm del chile manzano .....	43
<b>Gráfica 8.</b> Comparación de medias de la variable Número total de frutos del chile manzano .....	44
<b>Gráfica 9.</b> Comparación de medias de la variable Peso total de frutos del chile manzano .....	44

## 1. INTRODUCCION

Actualmente el mercado exige productos hortícolas de mejor calidad y mayor contenido nutricional (Pérez, 2018). Son muchos los factores que afectan el rendimiento y la calidad de los cultivos, la nutrición es uno de los más importantes (Reuter y Robinson, 1986). Por esta razón los productores se ven en la necesidad de mejorar los programas de fertilización para obtener una mejor calidad en los productos hortícolas (Pérez, 2018).

La fertilización a base de productos de síntesis química ha contribuido al incremento del rendimiento de los cultivos en la producción de alimentos en el mundo. El consumo de fertilizantes a nivel mundial fue de 181,9 millones de toneladas (t) en el periodo 2014/2015, correspondiente a 102,5 millones de t de nitrógeno (N); 45,9 millones de t de fósforo (P) y 33,5 millones de t de potasio (K). En el cultivo de chile el consumo para el mismo periodo fue de 169 mil t de N, 130 mil t de P y 99 t de K. La aplicación excesiva ha producido: eutrofización, toxicidad de las aguas, contaminación de aguas subterráneas, contaminación del aire, degradación del suelo y de los ecosistemas, desequilibrios biológicos y reducción de la biodiversidad (González, 2019).

Estas problemáticas llevaron a la búsqueda de opciones menos dañinas para el medio ambiente. Una de ellas ha sido el desarrollo de biofertilizantes, sobre los cuales se ha generado una gran experiencia en México. Un biofertilizante está hecho a base de una bacteria o un hongo que le permite a la planta adquirir nutrientes para mejorar su desempeño (Santillán, 2016).

*Trichoderma harzianum* es un hongo benéfico que no solo ofrece un control eficaz de enfermedades de las plantas, sino que ayuda a descomponer la materia orgánica, haciendo que los nutrientes se conviertan en formas disponibles para la planta, por lo tanto, tiene un efecto indirecto en la nutrición del cultivo (Chiriboga, *et al.*, 2015).

La fertilización foliar es una práctica muy importante porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto. Es una práctica frecuente entre los productores que se utiliza para corregir y complementar la nutrición que no se puede abastecer mediante la fertilización edáfica tradicional (Ávalos, 2022).

Aminofol potasio, es un fertilizante foliar complejo, potencializado con aminoácidos, ácido fúlvico, auxinas, citocininas y rico en potasio, que aporta a la planta potasio en forma de fulvato, el cual es rápidamente absorbido a través de las hojas y órganos aéreos de las plantas y traslocado a las partes de alta demanda y acumulación de reservas (frutos, bulbos, tubérculos, tallos, coronas y granos), al combinar estos beneficios con las auxinas y citocininas que promueven la división y elongación celular y con los aminoácidos que evitan el desgaste energético de la planta y la acumulación de fotosintatos, lo que ayuda a obtener frutas de mayor tamaño y peso, mejor calidad organoléptica, coloración intensa y maduración uniforme (BioStar, 2021).

Por otra parte, las enfermedades reducen la calidad de los productos, limitan la disponibilidad de los alimentos y materias primas de las plantas (SIAP, 2016). Por lo cual una opción podría ser las sales cuaternarias de amonio que juegan un papel antimicrobiano (Mulder *et al.*, 2018). y se ha demostrado que dichas sales, son de rápida acción y muy efectivas contra conidios de algunos hongos agrónomicamente importantes (Ploetz 2015).

## 1.1. Objetivos

### 1.1.1. Objetivos específicos

Aumentar contenido mineral del cultivo, con aplicaciones foliares de fertilizantes a base de potasio.

Mejorar la absorción de nutrientes por parte de la planta, con la inoculación de *trichoderma spp.*

Lograr mejor control de enfermedades fitopatogénicas con la aplicación de sales cuaternarias de amonio

#### 1.1.2. Objetivo general

Obtener frutos de chile manzano de elevada calidad nutrimental, usando productos agrícolamente sustentables.

#### 1.2. Hipótesis

Se espera que al menos uno de los tratamientos mejore la calidad nutricional del fruto de *Capsicum pubescens*

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades del Capsicum

La palabra chile viene del náhuatl, chilliy, se aplica a numerosas variedades y formas de la planta herbácea o subarborescente que se cultiva de manera anual.

A pesar de la presencia de la capsaicina, los chiles son increíblemente saludables. Tienen más vitamina C que las naranjas, y más vitamina A que los jitomates, sin considerar que son excelentes fuentes de magnesio, hierro y tiamina (FIRCO, 2017).

El chile en México es imprescindible para dar sabor a cualquier platillo y es, sin duda, el condimento nacional por excelencia. En México se conocen más de cien tipos de chile, entre los que podemos mencionar el chile jalapeño, serrano, guajillo, ancho, habanero, de árbol, cascabel, manzano, piquín, cascabel, chile de agua, etc. (FIRCO, 2017).

### 2.2. Usos del chile

El chile es la segunda variedad producida en México, se utiliza como materia prima para la obtención de colorantes y de resinas para fines industriales, puede ser un ingrediente más en muchos platillos a los cuales les aporta picor, se puede

consumir en fresco, encurtido o seco, el chile fresco puede ser utilizado para la elaboración de salsas (PROFECO, 2021).

### 2.3. Propiedades y beneficios del chile

El chile es una de las principales especies hortícolas alimentarias en México, y constituye junto al maíz y frijol la base de la alimentación de los mexicanos. Provee vitamina A y C, alto contenido en betacarotenos, antioxidante beneficioso para el sistema cardiovascular, sistema inmune, piel y ojos. Contiene vitamina B y E, además de ser una buena fuente de hierro y potasio. Es rico en capsaicina que ayuda a quemar grasa en el proceso digestivo, acelera el metabolismo hasta un 25%, reduce el apetito y limpia el estómago. El chile tiene efectos antiinflamatorios y es un anticoagulante natural (PROFECO, 2021).

### 2.4. Importancia económica

Actualmente el chile después del tomate es el segundo vegetal más consumido en el mundo, de ahí su gran importancia agronómica, económica y comercial. Se estima que una cuarta parte de la población mundial consume chile diariamente, bien sea en forma directa o por el consumo de alimentos procesados que lo contienen (Ramírez, 2008).

### 2.5. Importancia mundial

La producción de chile a nivel mundial para el año 2021 fue de alrededor de 53,036,362.58 toneladas. Los 10 principales países con la mayor producción de chile se describen a continuación (FAOSTAT, 2023)

**Cuadro 1** Principales países productores de chile

No	País	Producción (ton)	Área cosechada (ha)	Rendimiento (100gr/ha)
1	China	16749718.83	754718	221933

2	China, Continental	16721690.83	752121	222327
3	Turquía	3091295.00	80239	385261
4	Indonesia	2747018.03	321923	85331
5	México	2584143.60	147808	174831
6	España	1511560.00	22240	679658
7	Egipto	862127.11	47892	180016
8	Nigeria	759133.99	101335	74913
9	Estados Unidos de América	531202.00	16916	314023
10	Países Bajos	440000.00	1630	2699387

FUENTE: Datos obtenidos de la FAOSTAT

## 2.6. Importancia nacional

De acuerdo con datos reportados por el SIAP (2023), la producción nacional de chile verde en todas sus variantes comerciales, en el año 2022 fue de 3,112,480.69 toneladas, con un total de superficie cultivada de 156,931.79 hectáreas, resultando 19.83 toneladas por hectárea, de lo cual se tuvo un valor total de producción de \$36,585,698.35 millones de pesos. En el cuadro 2 se enumeran los diez principales estados productores:

**Cuadro 2** Producción nacional de chile

No	Estado	Producción ton/año	Valor Producción
1	Chihuahua	640,814.21	6,177,943.53
2	Sinaloa	598,399.29	6,106,641.08

3	Zacatecas	409,189.70	5,220,179.96
4	San Luis Potosí	333,737.82	5,198,704.82
5	Jalisco	201,258.91	2,656,800.98
6	Sonora	187,413.20	1,816,569.75
7	Michoacán	142,936.35	1,600,254.92
8	Guanajuato	142,213.39	2,110,194.12
9	Baja California Sur	79,530.57	809,050.07
10	Veracruz	44,542.98	556,072.62
	<b>Total</b>	<b>2,780,036.42</b>	<b>32,252,411.85</b>

---

Datos obtenidos del SIAP 2023

## 2.7. Origen

El chile manzano (*Capsicum pubescens R. y P.*) es una especie originaria de las partes altas de Perú y Bolivia, fue introducido a México a principios del siglo XX, es el único tipo de chile que se encuentra en las regiones con altitudes de 1700 a 2599 metros sobre el nivel del mar. Existe gran diversidad de este tipo de chile en cuanto a color, forma y tamaño de frutos; por lo común, los amarillos son preferidos a los rojos y anaranjados; mientras que los de forma de manzano o cuadrados son más apreciados que los que presentan una forma de pera (Gasga, 2011).

## 2.8. Clasificación Taxonómica

La clasificación del chile manzano es:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Solanales*

Familia: *Solanaceae*

Género: *Capsicum*

E. específico: *pubescens*

Especie: *Capsicum pubescens*

Nombre común (es): Manzano, perón, caballo, ciruelo, canario y jalapeño, según la zona del país (Pérez, 2007).

## 2.9. Descripción botánica

### 2.9.1. Semilla

Es el único del género *Capsicum*, que posee semillas negras, de forma ovalada, con el borde ligeramente ondulado. Mide alrededor de 5 mm de diámetro y están constituidos de testa gruesa, embrión y endospermo. El embrión es curvo y ligeramente enrollado con cotiledones plegados (Pérez y Castro, 2012).

### 2.9.2. Raíz

El sistema radical consta de una raíz principal típica pivotante de origen seminal y numerosas raíces secundarias que pueden alcanzar hasta 1.2 m de profundidad y 0.8 de exploración horizontal; el 80 % de ellas se encuentra en una capa de 20 a 30 centímetros (Pérez y Castro, 2012).

### 2.9.3. Tallo

Es leñoso con hábito de crecimiento compacto y erecto; abundante pubescencia y es de color verde, excepto en los primeros entrenudos, en los cuales es de color púrpura. Su ramificación es pseudodicotómica (Pérez y Castro, 2012).

#### 2.9.4. Hojas

Es simple, su forma es cordada con ápice acuminado y borde liso, excesivamente vellosa y la nervadura es reticulada perinerve. Es peciolada de filotaxia alterna dística (Pérez y Castro, 2012).

#### 2.9.5. Flor

Es hermafrodita de color violeta y raramente blanca. El centro es blanco, el cáliz y la corola están fusionados en su base. Los estambres tienen la misma longitud y el ovario es súpero (Pérez y Castro, 2012).

#### 2.9.6. Fruto

El fruto es una baya, el color en estado inmaduro es verde y maduro puede ser amarillo, naranja, o rojo. Tiene una placentación axilar. Su forma varía dependiendo del número de lóculos. Cuando se presenta uno o dos tiene la forma de pera y cuando tiene tres o cuatro la forma es de manzana. La longitud de fruto es de 4 a 8 cm y diámetro de 2 a 6 cm; el grosor de pericarpio varía de 2 a 4 mm (Pérez y Castro, 2012).

### 2.10. Requerimientos ambientales

#### 2.10.1. Temperatura

El intervalo óptimo de temperatura para el crecimiento y desarrollo adecuado de esta especie va de 18 a 22 °C en el día y 10 a 12 °C en la noche.

La temperatura base o cero vegetativo es de 5 °C y cuando la temperatura es mayor a 35 °C se provoca el aborto de las flores (Hernández, 2016).

#### 2.10.2. Radiación

La radiación óptima promedio de la especie es de 550  $\mu\text{mol}$  de fotones  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  lo que equivale a 550 Einstein.

La especie se adapta bien en altitudes de 1700 a 2599 metros siempre que no existan heladas (Hernández, 2016).

#### 2.10.3. Humedad relativa y del suelo

La planta se desarrolla bien con humedad relativa de 70 a 80 %. Arriba de este valor se tiene poca dehiscencia de anteras disminuyendo la polinización y fecundación de los óvulos, y en consecuencia se tiene menor número de semillas y a su vez menor tamaño de fruto.

Con humedades relativas menores al 40 % existe deshidratación de los granos de polen. Lo cual también ocasiona baja polinización y formación de semillas.

La humedad óptima del suelo o sustrato de cultivo es de 70% a 80% de la humedad aprovechable, un porcentaje mayor ocasiona una deficiente aireación en el sistema radicular y en consecuencia deficiente absorción de minerales y agua, por el contrario, una humedad por debajo del 50% se estimula el cierre estomático, ya que con ella la planta evita la pérdida de agua (Hernández, 2016).

#### 2.10.4. Suelo

El chile se adapta a diferentes tipos de suelo, pero se desarrolla mejor a profundidades de 30 a 60 centímetros y en suelos franco arenosos, francos limosos o francos arcillosos, con alto contenido de materia orgánica. Para favorecer su desarrollo es recomendable un pH superior a 5.5 grados de acidez. El pH es determinante para la asimilación de nutrientes, entre ellos el nitrógeno, vital para el cultivo y presente en algunos tipos de fertilizante (SIAP, 2010).

#### 2.11. Aspectos fisiológicos

El crecimiento de la planta de chile manzano presenta un crecimiento lento en los primeros 3 meses de su ciclo biológico, aun en el sistema intensivo de producción. En ese tiempo apenas se acumula un promedio de 13 g de biomasa

que representa únicamente 4% del total acumulado en todo el ciclo (350 g planta<sup>-1</sup>). En contraste, otros chiles cultivados ampliamente en México para consumo en fresco, tales como jalapeños, serranos, anchos, pasillas y guajillos, que pertenecen a la especie *capsicum annuum L.* tienen un ciclo biológico de 4 a 5 meses. Después de los primeros tres meses, el crecimiento es rápido y con una cinética sigmoïdal (Pérez y Castro, 2012).

### 2.12. Requerimiento nutricional

La cantidad de nutrimentos necesarios para producir una tonelada de frutos frescos de chile manzano se presenta en el cuadro número 3

**Cuadro 3** Cantidad necesaria de nutrimentos para producir una tonelada de frutos de chile manzano (*Capsicum pubescens*).

Nutrimento	Cantidad
	(Kg ton <sup>-1</sup> )
N	3.8
P	0.38
K	2.45
Ca	2.35
Mg	0.79
	(g ton <sup>-1</sup> )
B	39.75
Cu	0.29
Fe	19.97
Mn	21.6
Zn	2.13

(Pérez y Castro, 2012)

### 2.13. Sistemas de producción

Una alternativa para disminuir los efectos adversos del ambiente de producción de chile manzano es la producción intensiva en invernadero, en la cual se emplea malla sombra o plástico blanco lechoso de 50%, riego por goteo, solución nutritiva,

sistemas de tutorio, variedades mejoradas, alta densidad de población, entre otros componentes tecnológicos que van en camino a obtener altos rendimientos y calidad de fruto (Pérez y Castro, 2012).

#### 2.13.1. Producción de plántula

La siembra se realiza de manera manual y puede ser establecida en charolas germinadoras de 200 cavidades, en las que permanecen hasta que tengan 4 hojas verdaderas. Uno de los sustratos que ha dado mejores resultados es la mezcla de peat moss y agrolita en la relación 3:1; sin embargo, para el uso de estos es importante considerar la desinfección para que las plantas crezcan sanas y vigorosas por lo que se recomienda la aplicación de un kilogramo de cal agrícola o de caldra porcada mezcla que se prepare (Musiño, *et al.*, 2013).

#### 2.13.2. Riego

Una vez nacida la plántula los riegos serán diarios y hasta la fecha de trasplante, tanto en charola como en los vasos. La cantidad de agua para mantener húmedo el sustrato es variable y dependerá de las condiciones ambientales, pero es importante conservar una humedad relativa cercana al 75% en el sustrato (Musiño, *et al.*, 2013).

Cuando las plántulas están recién trasplantadas consumen 350 ml de agua por día y cuando están en plena producción consumen de 2.0 hasta 2.3 litros por día. Los riegos se aplican conjuntamente con la solución nutritiva. Debe de mantenerse de 70 a 80% de humedad aprovechable (Pérez y Castro, 2012).

#### 2.13.3. Podas

Durante el crecimiento y reproducción ha de eliminarse los brotes y hojas que se generan debajo de la primera bifurcación del tallo. Después de un año cuando las ramas descansan sobre el enmallado para favorecer la ventilación y reducir el riesgo de enfermedades, ha de podarse las hojas y brotes de las primeras bifurcaciones (Pérez y Castro, 2012).

#### 2.13.4. Sombreo

Debido a la condición de media sombra que requiere el chile manzano, la estructura del invernadero se debe de cubrir con plástico blanco lechoso calibre 600 con porcentaje de sombra al 50 (Pérez y Castro, 2012).

#### 2.13.5. Sistema de tutoreo

Consiste en colocar alambre o rafia cada 40 centímetros de tal manera que las ramas de las plantas puedan conducirse en forma de “V”, en la parte superior, a una altura de 2.30 m, se coloca alambre galvanizado calibre 16 con espacios de 40 cm de tal manera que se forma un “enmallado” donde descansaran las ramas que alcancen esta altura (Pérez y Castro, 2012).

#### 2.13.6. Nutrición del cultivo

Durante los primeros 20 días después del trasplante es recomendable aplicar la solución nutritiva descrita en el cuadro 4 diluida a una concentración de 50%. Durante los siguientes 30 días, debe aplicarse a 75% y posteriormente a 100%. En plena producción es conveniente aplicar cuatro veces la solución nutritiva a una concentración del 125%, separada estas con aplicaciones a 100%. Se recomienda hacer lavados del sustrato una vez por mes, con agua normal acidificada (pH=5.5) (Pérez y Castro, 2012).

**Cuadro 4** Cantidad de fertilizantes utilizados para preparar 1,000 litros de solución nutritiva para irrigar plantas de chile manzano establecidas en macetas e invernadero.

Fuente	Cantidad (g)
Ácido fosfórico 85%	100.0 ml
Sulfato de potasio	870.0

Sulfato de magnesio	1230.0
Nitrato de potasio	750.0
Nitrato de calcio	1300.0
Sulfato ferroso	50.0
Sulfato de manganeso	10.0
Sulfato de zinc	5.0
Sulfato de cobre	5.0
Borax	20.0

(Pérez y Castro, 2012)

## 2.14. Plagas

### 2.14.1. *Bemisia tabaci*

La mosca blanca (*Bemisia tabaci*) pertenece a la familia Aleyrodidae y a la subfamilia Aleyrodinae. El insecto se identificó por primera vez en cultivos de tabaco en Grecia en 1889, de allí el nombre de tabaci.

La mosca blanca (*Bemisia tabaci*) tiene un gran abanico de huéspedes y ha afectado a una amplia gama de cultivos de todo el mundo. *Bemisia tabaci* es una plaga temida debido a su elevado grado de resistencia a numerosos insecticidas y su tendencia a transmitir virus (KOPPERT, 2023).

Las moscas blancas colonizan el envés de las hojas. Los adultos y huevos son comúnmente encontrados en el envés de hojas más jóvenes y los estadios ninfales en las hojas un poco más viejas. Los huevos eclosionan y dan lugar al primer estadio ninfal que es móvil. Después de la primera muda, los siguientes estadios ninfales permanecen fijos a la superficie de la hoja. El último estadio ninfal se lo conoce como pupa y es el más fácil de identificar (Polack, 2005).

El daño directo de las moscas blancas se origina por la enorme cantidad de jugo floemático que ingieren con su aparato bucal chupador. La alimentación de altas poblaciones de moscas blancas no provoca importantes pérdidas comparadas con el daño indirecto. Las ninfas retienen gran parte de los nutrientes y excretan una melaza pegajosa que sirve como sustrato para el desarrollo de un conjunto de hongos que forman un moho negro sobre las hojas y frutos. Este

moho, conocido con el nombre de fumagina, es parte importante del daño indirecto de las moscas blancas. Altos niveles de fumagina provocan una considerable reducción de la capacidad de hacer fotosíntesis que redundan en una reducción del crecimiento, pérdidas de rendimiento y en condiciones severas, defoliación (Polack, 2005).

#### 2.14.2. *Frankliniella occidentalis*

Actualmente, el trips occidental de las flores (*Frankliniella occidentalis*) es la especie de trips más dañina en muchos cultivos bajo invernadero. El trips occidental de las flores (*Frankliniella occidentalis*) se encuentra en una gran variedad de plantas, incluyendo numerosos cultivos hortícolas y ornamentales y en varias malezas. Es una plaga especialmente importante en pepino, pimiento y berenjena (KOPPERT, 2023).

Los trips del género *Frankliniella* presentan las etapas de desarrollo de huevo, larva I y II, prepupa, pupa y adulto. La duración de cada estado de desarrollo depende de la humedad y temperatura ambiental. El ciclo de vida es de 12.5 -13 días. La duración de las diferentes etapas de desarrollo es aproximadamente de tres días como huevo, seis como larva, uno como prepupa y dos días y medio como pupa (Retana y Rodríguez, 2015).

Los trips dañan las plantas al perforar las células de los tejidos superficiales y succionar su contenido, causando la muerte del tejido adyacente. Las manchas gris-plata y los puntos negros de sus segregaciones delatan su presencia en el cultivo. La pérdida de clorofila disminuye la vigorosidad de la planta y si la infestación es grave las hojas pueden arrugarse (KOPPERT, 2023).

#### 2.14.3. *Tetranychus urticae*

La araña roja o araña de dos puntos (*Tetranychus urticae*) es una plaga que afecta a numerosos cultivos en todo el mundo. A pesar de su tamaño pequeño, son capaces de causar daños serios en poco tiempo debido a su gran capacidad

reproductiva. Existen más de 1200 especies y varias de ellas son consideradas plagas de suma importancia (KOPPERT, 2023).

La “arañita roja” pasa por cuatro estados de desarrollo durante su ciclo de vida: huevo, larva, ninfa (protoninfa, deutoninfa) y adulto respectivamente. La supervivencia, longevidad y reproducción de *Tetranychu* varían en respuesta a diferentes factores tales como la temperatura, la humedad, la planta hospedadora, los plaguicidas utilizados en el cultivo, y factores intrínsecos de cada especie (Guerrero, 2015)

Los daños causados por este acaro son parecidos a los daños causados por trips. Cuando se alimenta inserta sus estiletes desgarrando superficialmente los tejidos, vaciándolos y penetrando el aire, lo que les da un aspecto inicialmente blanquecino que posteriormente toma una coloración rojiza. La planta pierde energía tanto por la disminución de la capacidad de fotosíntesis como por el considerable aumento de la transpiración, la consecuencia de esto es que tenga una disminución de fotosíntesis, provocando así la reducción del crecimiento, disminución del tamaño de frutos, y un retraso en la floración (Infoagro, 2019).

## 2.15. Enfermedades

### 2.15.1. *Pseudomonas Solanacearum*

La marchitez bacteriana (*Pseudomonas Solanacearum*) constituye una de las enfermedades más críticas en regiones tropicales y subtropicales. Puede provocar daños entre los estados de 5 a 8 hojas, hasta la época de inicio de la fructificación, con síntomas de marchitamiento abrupto; en las plantas jóvenes la muerte es muy rápida. La marchitez inicia en las hojas inferiores, a menudo de un solo lado de la planta; en pocos días la cubre por completo, sin dar tiempo a que se produzca clorosis; al realizar cortes del tallo, se nota el oscurecimiento de los conductos vasculares. El patógeno es muy destructivo en ambientes húmedos y cálidos (temperaturas mayores a 28°C).

La bacteria es primariamente un patógeno habitante del suelo. La raza 1 puede sobrevivir indefinidamente como organismo de vida libre o en la rizosfera de las plantas, localizándose en algunos casos hasta una profundidad de 7 cm. La

bacteria penetra por heridas de las raíces causadas por insectos, nematodos o el hombre (CATIE, 1993).

#### 2.15.2. *Xanthomonas vesicatoria*

La mancha ataca todas las partes aéreas de la planta, pero se asocia principalmente con las lesiones en la hoja, en donde produce una especie de quemazón. Eventualmente las plantas afectadas se defolian. El desarrollo rápido de la enfermedad está relacionado con periodos de mucha lluvia, temperaturas entre 25 y 30°C y días con viento (Jones, *et al.*, 1988)

#### 2.15.3. *Fusarium spp*

*Fusarium* es uno de los principales hongos de interés económico que se caracteriza por tener una gran diversidad que causa marchitamientos vasculares principalmente en flores y hortalizas anuales, plantas herbáceas perennes de ornato, plantas de cultivo, malezas y en la mimosa, el árbol de seda. Es un hongo que habita en el suelo, infecta a la planta través de la raíz en las que penetran directamente o a través de heridas (Agrios, 2005).

*Fusarium* es un organismo saprofito, es decir, una vez que se introduce en un terreno de cultivo, se establece ahí por un tiempo indefinido. Este hongo se propaga principalmente en forma de micelio, esporas o esclerocios llevados por el agua del suelo, equipo agrícola, trasplante, tubérculos, semillas de algunas plantas, esquejes de plantas infectadas y, en algunos casos, en forma de esporas o esclerocios llevados por el viento (Agrios, 2001).

#### 2.16. Efectos de los fertilizantes químicos sobre las plantas y el ambiente

Los fertilizantes son sustancias que proporcionan nutrientes a las plantas, se utilizan para suplementar los nutrimentos naturales del suelo y para compensar los que se pierden durante el ciclo vegetativo de los cultivos. Son el medio más efectivo para incrementar los rendimientos y mejorar la calidad de los alimentos

(SIAP, 2016). La aplicación de fertilizantes es un componente vital en la agricultura, debido a que aportan a las plantas los nutrientes esenciales para su desarrollo y producción; sin embargo, el aumento de la producción depende en gran medida del tipo de fertilizante que se utiliza para complementar la necesidad de nutrientes en las plantas (Moharana, 2017).

La nutrición de las plantas es preponderante porque el mal uso de los fertilizantes químicos puede tener un costo económico alto, además de causar efectos adversos al suelo y agua. Una alternativa ecológicamente para aumentar el rendimiento de cultivos es la inoculación de microorganismos promotores del crecimiento, denominados bioestimulantes o biofertilizantes (Reyes, *et al.*, 2014)

#### 2.17. Bioproductos en la producción de cultivos

Existen tres tipos de fertilizantes:

- Los inorgánicos que son sustancias sintetizadas químicamente o de origen mineral.
- Los orgánicos que son derivados de organismos vivos de origen animal o vegetal.
- Los biofertilizantes que son sustratos inoculados con hongos y bacterias que se asocian de manera simbiótica con las raíces de los cultivos.

Los fertilizantes orgánicos son amables con el medio ambiente, ya que aumentan el contenido de materia orgánica y los índices de humedad en el suelo. Los fertilizantes pueden ser de origen animal, vegetal y mineral a base de nitrógeno, hierro y potasio.

Sin embargo, las bacterias, hongos y otros aditivos biológicos, convenientemente inoculados son la evolución de los fertilizantes agrícolas y la antesala al crecimiento sostenible de la productividad.

### 2.18. *Trichoderma spp.*

*Trichoderma* es un hongo cosmopolita cuya importancia radica en su capacidad de adaptación y producción de metabolitos, como enzimas, compuestos promotores de crecimiento vegetal, entre otros. Este género es utilizado como agente de biocontrol contra hongos fitopatógenos debido a sus múltiples mecanismos de acción, destacando la antibiosis, el micoparasitismo, la competencia por espacio y nutrientes, y la producción de metabolitos secundarios. (Hernández, *et al.*, 2019). *Trichoderma* es un género fúngico de la rizosfera considerado simbiote oportunista de plantas, que es capaz de producir elicitores que inducen la defensa vegetal contra patógenos e insectos, ayudan a la solubilización de fósforo, y propician la síntesis de sustancias promotoras del crecimiento vegetal (Djonovic, *et al.*, 2007).

### 2.19. Fulvato de potasio, auxinas, citoquininas, aminoácidos y ácido fúlvico.

Es un bioestimulante foliar que contiene sustancias orgánicas como reguladores de crecimiento, aminoácidos, entre otros compuestos. Los bioestimulantes son aquellos productos que son capaces de incrementar el desarrollo, la producción y crecimiento de los vegetales, se les han utilizado en estados fenológicos específicos de la planta como es crecimiento, la floración y cuajado de frutos de la planta (OSMAR, 2020).

### 2.20. Sales cuaternarias de amonio

Las sales cuaternarias de amonio son sustancias químicas de superficie activa, antimicrobianas y de alto volumen de producción con una amplia aplicación en la agricultura como desinfectante (Mulder, *et al.*, 2018).

## 3. MATERIALES Y METODOS

### 3.1. Sitio de estudio

El estudio se realizó bajo una estructura tipo invernadero a cargo del Dr. Valentín Robledo Torres en el departamento de Horticultura de la Universidad

Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicado en Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila. El trabajo inicio en el periodo de agosto-diciembre del 2022 y concluyo en el periodo de enero-junio del 2023.

### 3.2. Material genético

Se utilizó semilla criolla de Chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) que fue proporcionada por el Departamento de Horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

### 3.3. Material de trabajo

Semilla de chile manzano, charola de 200 cavidades, regadera, polietileno negro para acolchado, turba negra de sphangum, perlita mineral, fungicidas e insecticidas, rafia, estacas, trampas cromáticas, fertilizante, mochila aspersor, navaja, balanza electrónica, cubeta de 20 L, cubeta de 5 L, grasa automotriz, bolsas de papel, tinaco de 1,200 L, bomba, pared húmeda, calefactor, extractores.

#### 3.3.1. Producción de plantula

Semilla de chile manzano, charola de 200 cavidades, regadera, plástico negro, peat moss, perlita, fungicida e insecticida.

#### 3.3.2. Preparación del terreno

Acolchado plástico, cinta de riego, grown cover

### 3.4. Producción y manejo

Rafia, estacas, trampas cromáticas, fertilizante, mochila aspersor, navaja, balanza electrónica, cubeta de 20 L, cubeta de 5 L, grasa automotriz, bolsas de papel, tinaco de 1,200 L, bomba, pared húmeda, calefactor, extractores.

### 3.5. Producción de plántula

La semilla de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) fue germinada en una charola de poliestireno de 200 cavidades usando como sustrato una combinación de peat moss y perlita mineral a una proporción 3:1 respectivamente, la semilla se colocó considerando dos veces su tamaño, se tapó con otra capa de vermiculita, se envolvió con un polietileno negro para generar un microclima más cálido y así acelerar la germinación.

Las charolas se dejaron dentro de un invernadero de germinación y continuaron cubiertas hasta que se observará que la testa estaba comenzando a romperse y las plántulas emergiendo de la semilla, posteriormente se removi6 a otro sitio sin la cubierta plástica para ah6 concluir el proceso de plántula.

### 3.6. Preparación de terreno

El terreno destinado a este proyecto de tesis fue un terreno que continuamente tiene trabajos de investigación, el cual contaba con camas de acolchado plástico gris.

### 3.7. Manejo experimental

En el trabajo de investigación se utiliz6 un dise6o experimental de bloques completos al azar, usando dos bloques, cada bloque constituido por 14 tratamientos y cada tratamiento con 5 repeticiones

### 3.8. Trasplante

El trasplante se realiz6 el 28 de octubre del 2022, 63 d6as despu6s del proceso de plántula.

El chile se plant6 a una distancia de 30 cm entre planta y planta y 100 cm entre hilera

### 3.9. Riegos

Las primeras cuatro semanas los riegos se realizaban cada tercer día manteniendo una humedad del suelo del 80%, después de dos meses al inicio de floración se comenzó a aplicar 125 L de agua cada tercer día y en la etapa de amarre de fruto hasta cosecha un promedio de 250 L de agua diario en 144 m<sup>2</sup> del área experimental.

### 3.10. Fertilización

La aplicación de fertilizantes se suministró vía fertirriego usando los fertilizantes y dosis de la tabla siguiente, esta fertilización se enfocó en el desarrollo vegetativo de la planta.

**Cuadro 5.** Fertilización de trasplante a floración por 500 L de agua

Fuente	Cantidad (gramos)
Ácido sulfúrico	50 ml
Nitrato de magnesio	250
Fosfonitrato	234
Fosfato monopotásico	63
Sulfato de potasio	45

Posteriormente, iniciando el amarre de frutos se modificó la fertilización a la descrita en el cuadro 6, enfocándonos en el cuajado de los mismos.

**Cuadro 6.** Fertilización de cuajado de frutos a cosecha por 500 L de agua

Fuente	Cantidad (gramos)
Ácido sulfúrico	50 ml
Nitrato de magnesio	125
Fosfonitrato	117
Fosfato monopotásico	109
Sulfato de potasio	130

Se realizaron aplicaciones foliares semanales de Fertidrip 20-20-20 + micros, a una dosis recomendada de 2 a 5 kg por ha para el suministro de microelementos.

### 3.11. Tutoreo

A los 60 días después del trasplante se inició el tutoreo, cuando la planta alcanzo una altura promedio de 50 cm, se colocaron postes de madera en los extremos de las camas, a los cuales se les amarro rafia a la altura de la primera bifurcación y posteriormente se colocaban más líneas de tutoreo cada 20cm. Se colocaron 3 estacas por surco cada 10 plantas, esto para fijar la rafia a la estaca, guiar la planta hacia arriba y evitar que caigan.

### 3.12. Podas

Las podas comenzaron 70 días después del trasplante, iniciando con una poda de deschuponado, que consistió en la eliminación de los brotes por debajo de la primera bifurcación, posteriormente la eliminación de la primera flor, para inducir el crecimiento vegetativo, podas de deshoje con el fin de mejorar la ventilación dentro de la planta y por último podas de ramas viejas.

### 3.13. Control de malezas

Gracias al uso de acolchados plásticos y grown cover se redujo en gran medida la presencia de malas hierbas, las malezas que lograban emerger se eliminaban de forma manual con azadones, así se evitaba al mismo tiempo tener plantas hospederas de insectos plaga.

### 3.14. Control de plagas y enfermedades

Las principales plagas y enfermedades presentes dentro del invernadero fueron mosca blanca (*Bemisia tabaci*), trips, (*Frankliniella occidentalis*), araña roja (*Tetranychus sp.*) y mancha bacteriana causada por (*Xanthomonas vesicatoria*).

Los cuales para su control se utilizaron diferentes plaguicidas y a la vez se hacían aplicaciones para prevenir enfermedades fúngicas. Los agroquímicos se describen en la tabla siguiente.

**Cuadro 7.** Plaguicidas utilizados en el cultivo de chile manzano, durante el experimento

Insecticida	Plaga	Dosis
Imidacloprid	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) Piojo harinoso ( <i>Planococcus citri</i> ) Araña roja ( <i>Tetranychus sp.</i> )	50 ml/L de agua
Lambda cyhalotrina	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> )	300 a 500 ml/ ha
Bifetrina	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) Araña de dos manchas ( <i>Tetranychus urticae</i> )	60 ml/ha
Tiametoxam	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )	600 gr/ha
Fungicida	Hongo	
Metalaxil-M+Clorotalonil	Mildiu ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> )	2.5 a 3.5 lt/ha
Clorotalonil	<i>Colletotrichum</i> <i>Phytophthora infestans</i>	1.5 lt/ha
Bactericida	Bacteria	
Estreptomycin	Mancha bacteriana ( <i>Xanthomonas vesicatoria</i> )	250 a 400 gr/ha

Para reducir la incidencia de plagas se colocaron trampas cromáticas colgantes, se elaboraron con platos desechables de colores amarillos y azules, a los cuales se les impregno la grasa automotriz como adhesivo, se instalaron en puntos estratégicos intercalando los colores. (Polack, 2005)

### 3.15. Diseño de tratamientos

Uno de los problemas más frecuentes en la producción en invernadero es la presencia de enfermedades y el reto de incrementar el rendimiento y calidad de fruto. Por lo tanto, en este trabajo se estudiaron los siguientes productos Prevence, Aminofol potasio y Q-Track. A fin de realizar un uso eficiente del espacio de invernadero y diferente dosis de productos, se utilizó el diseño de tratamientos Plan Puebla II, estudiando cuatro niveles de cada producto y generando 14 tratamientos que se muestran en el cuadro 7.

El producto Prevence se aplicó en cuatro niveles, 0, 1, 2 y 3, donde el nivel cero de Prevence, fue sin aplicaciones, nivel 1 aplicación en trasplante (Plántulas), nivel 2 aplicación en trasplante y 30 días después del trasplante, el nivel 3 las mismas aplicaciones anteriores más una adicional a los 60 días después del trasplante. Para su aplicación en charola se usó la recomendación de la etiqueta, la cual menciona que se debe aplicar la dosis de 1 mililitro por litro de agua. En posteriores aplicaciones la dosis recomendada de este producto es de 1 a 2 litros por hectárea.

El producto Prevence T3 es un bioinsumo hecho a base de *Trichoderma* de tres diferentes especies (*T. harzianum*, *T. asperellum* y *T. yunnanense*). Dicho producto se aplicó en cuatro niveles, 0, 1, 2 y 3, donde el nivel cero fue sin aplicaciones, nivel 1 aplicación en trasplante (Plántulas), nivel 2 aplicación en trasplante y 30 días después del trasplante, el nivel 3 las mismas aplicaciones anteriores más una adicional a los 60 días después del trasplante. Para su aplicación en charola se usó la recomendación de la etiqueta, la cual menciona

que se debe aplicar la dosis de 1 mililitro por litro de agua. En posteriores aplicaciones la dosis recomendada de este producto es de 1 a 2 litros por hectárea.

Mientras que Aminofol potasio es un fertilizante foliar rico en potasio, potencializado con aminoácidos, ácido fúlvico, auxinas y citoquininas, aporta potasio en forma de fulvato. La aplicación de este producto fue en base a la recomendación del fabricante que es de 1 a 2 litros por hectárea. La aplicación de Aminofol potasio, también fue considerando cuatro niveles, el primero fue sin aplicaciones, nivel 1 fue en plántula a los 30 días, el nivel 2 con dos aplicaciones a los 30 y 45 días y el nivel 3 con los mismos periodos de aplicación y un periodo adicional a los 60 días.

Q-track consiste de sales cuaternarias de amonio y funciona como desinfectante y de acuerdo al fabricante funciona como bactericida, viricida y fungicida. La dosis utilizada fue la recomendada de este producto, que es, de 0.75 a 1.5 litros por hectárea, la cual fue aplicada foliarmente.

Q-Track se aplicó en los mismos periodos que las aplicaciones de Aminofol potasio, ver cuadro 8. Los tratamientos obtenidos fueron establecidos bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, usando 2 bloques y cada bloque está constituido por los 14 tratamientos y cinco plantas como parcela útil. El tratamiento 9 fue un testigo absoluto, sin aplicaciones de productos.

**Cuadro 8** Los niveles de los productos antes citados, dieron origen a 14 tratamientos, que se muestran a continuación.

Tratamiento	Prevence T <sub>3</sub>	Aminofol	Q-Track
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	2	1
4	1	2	2

5	2	1	1
6	2	1	2
7	2	2	1
8	2	2	2
9	0	0	0
10	3	2	2
11	1	0	1
12	2	3	2
13	1	1	0
14	2	2	3

---

#### 4. VARIABLES A EVALUAR

Para la recolección de muestras se seleccionaron chiles al azar de cada tratamiento y se cortaron en pedazos pequeños para facilitar su deshidratación, se dejó dentro del invernadero alrededor de dos días cubierto con una malla antiáfidos para evitar que los insectos se postren sobre el material. Por último, se llevó a una cámara de secado por un día a temperaturas de 60°C para terminar de eliminar la humedad.

Al terminar de eliminar el contenido de agua del fruto, se trituro con ayuda de un mortero hasta molerlo lo más fino posible.

##### 4.1. Determinación de Fosforo (P)

Para determinar la concentración de P se empleó el método colorímetro, se tomó una muestra de 1 g del material deshidratado y molido para someterlo a una calcinación a temperatura de 650° C durante un periodo de 3 horas. Una vez transcurrido el tiempo, se retiró la muestra ya calcinada y se agregaron 10 ml de ácido nítrico y 1 ml de peróxido de hidrogeno. Se filtró y se aforó a 100 ml con agua desionizada. Con una alícuota de 1 ml se agregó 5 ml de molibdato de

amonio y 2 ml de reactivo ANSA, se dejó reposar alrededor de 20 minutos y se tomaron los datos en un espectrómetro a una longitud de onda de 640 nm.

#### 4.2. Determinación de Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Zinc (Zn) y Cobre (Cu)

Estos elementos se determinaron con el método de espectroscopía de absorción atómica de llama, método oficial del AOAC para cuantificar el contenido de minerales en los alimentos (AOAC. 2005)

#### 4.3. Número total de frutos

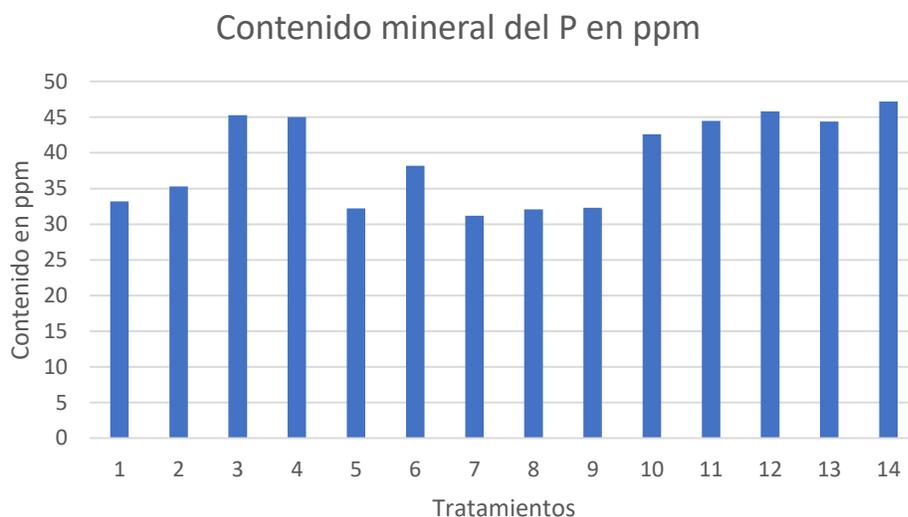
Esta variable se estimó, sumando el total de frutos de cada corte por cada planta.

#### 4.4. Peso total de frutos

Esta variable se estimó sumando el peso de los frutos obtenidos en cada corte por planta de cada tratamiento y bloque.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

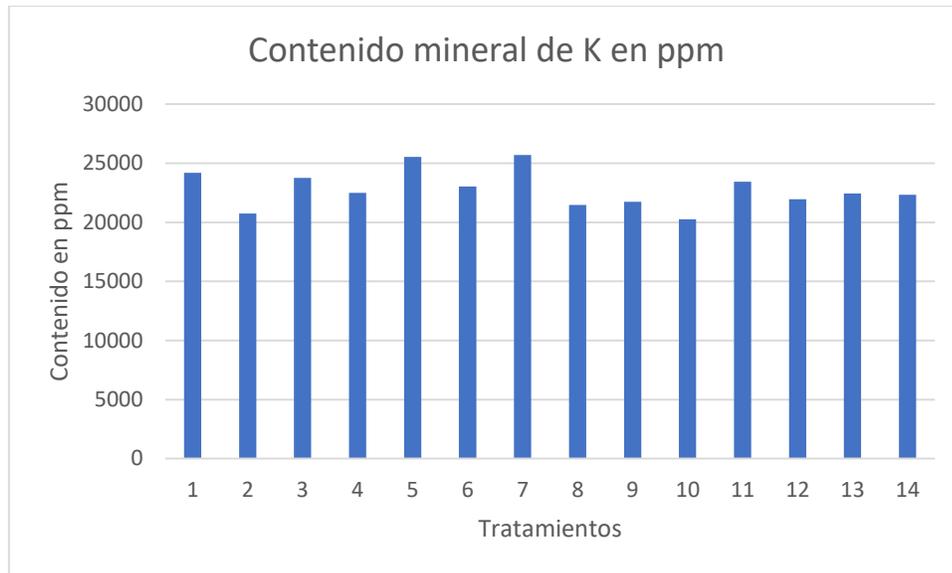
### 5.1. Contenido de Fosforo (P)



**Gráfica 1.** Comparación de medias de la variable Fosforo (P) en ppm del chile manzano

De acuerdo con los resultados obtenidos para la variable del contenido de P, los datos indican no tener diferencias significativas. Gamboa, *et al.*, (2020) evaluó el contenido mineral de frutos de (*Capsicum annum L.*) con aplicaciones de biofertilizantes. En dicho trabajo experimental no se obtuvieron diferencias significativas en el contenido de P en los frutos, coincidiendo con lo encontrado en el presente experimento.

## 5.2. Contenido de Potasio (K)



**Gráfica 2.** Comparación de medias de la variable Potasio (K) en ppm del chile manzano

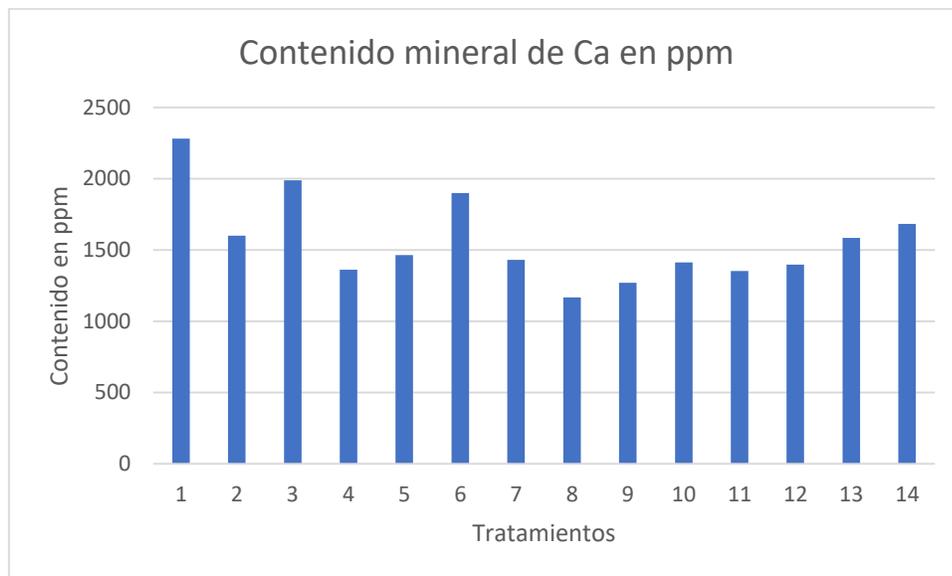
De acuerdo con los resultados obtenidos para la variable del contenido mineral del K, no se observan diferencias significativas, resultados similares a los que reporto Gamboa, *et al.*, (2020) quienes no encontraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de K mientras evaluaba el efecto de biofertilizantes microbianos en la calidad del fruto del chile xcat'ik (*Capsicum annum L.*).

Por el contrario, Teruelo (2021) encontró diferencias significativas en el contenido de K en frutos de tomate, en la cual evaluó el uso de biofertilizantes para mejorar la calidad del cultivo intensivo de tomate.

Elshaboury, y Sakara, (2021) demostraron haber obtenido resultados significativos en el contenido de K con aplicaciones de Fulvatos de Potasio en cultivo de cebolla.

El K en forma de fulvato, es rápidamente absorbido a través de las hojas y órganos aéreos de las plantas y traslocado a las partes de alta demanda y acumulación de reservas (frutos, bulbos, tubérculos, tallos, coronas y granos) (BioStar, 2021)

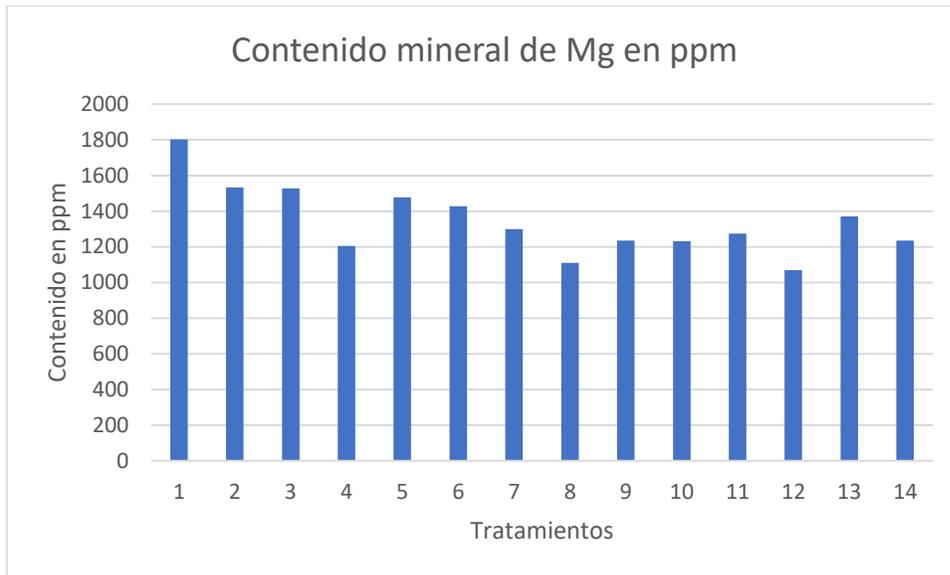
### 5.3. Contenido de Calcio (Ca)



**Gráfica 3.** Comparación de medias de la variable Calcio (Ca) en ppm del chile manzano

De acuerdo con los resultados obtenidos para la variable del contenido de Ca, los datos indican no tener diferencias significativas entre tratamientos, pero entre repeticiones si se obtuvo diferencias significativas. Gamboa, *et al.*, (2020) evaluó el contenido mineral de frutos de (*Capsicum annuum L.*) con aplicaciones de biofertilizantes, dentro de los cuales se encontraba *trichoderma*. En dicho trabajo experimental no se obtuvieron diferencias significativas en el contenido de Ca en los frutos, coincidiendo con lo encontrado en el presente experimento.

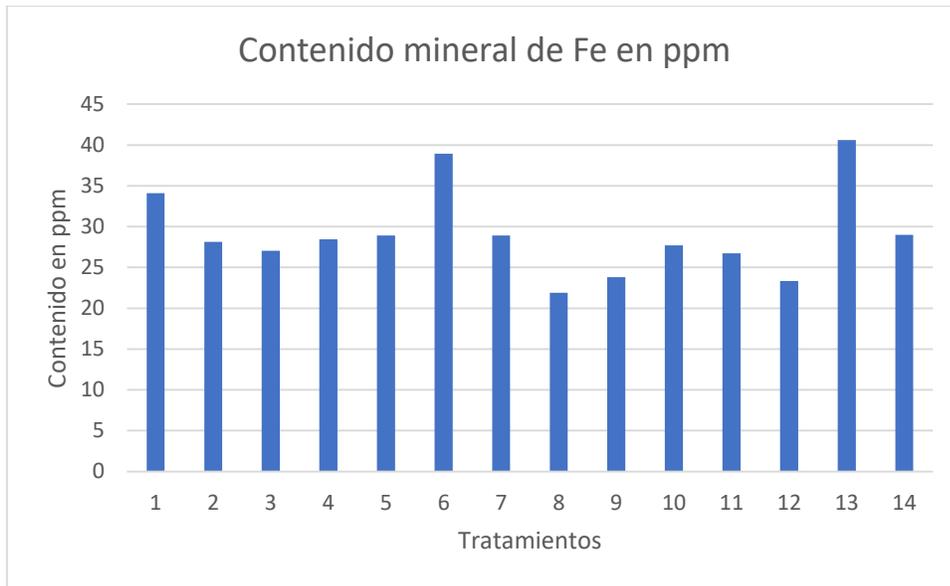
#### 5.4. Contenido de Magnesio (Mg)



**Gráfica 4.** Comparación de medias de la variable Magnesio (Mg) en ppm del chile manzano

De acuerdo con los resultados obtenidos para la variable del contenido de Mg, se obtuvieron diferencias significativas entre repeticiones, pero no entre tratamientos. Gamboa, *et al.*, (2020) describieron no haber encontrado diferencias significativas en el contenido de Mg al evaluar el contenido mineral de frutos de (*Capsicum annum L.*) con aplicaciones de biofertilizantes.

### 5.5. Contenido de fierro (Fe)



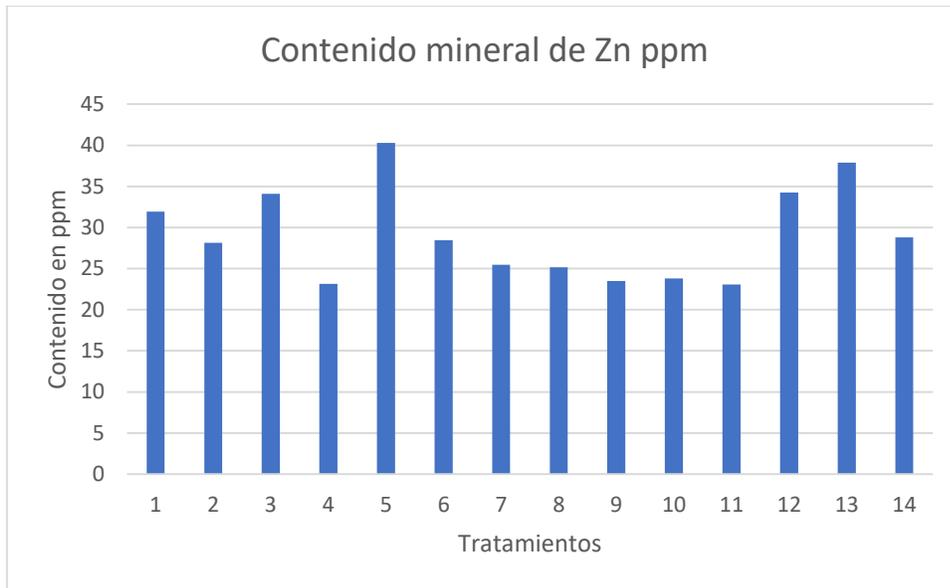
**Gráfica 5.** Comparación de medias de la variable Fierro (Fe) en ppm del chile manzano

Con los datos obtenidos de la variable del contenido mineral de Fe, podemos destacar que no se demuestran diferencias significativas con respecto a los tratamientos y repeticiones.

Se puede observar también en los datos reportados por Gamboa, *et al.*, (2020), quienes no encontraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido mineral de microelementos en frutos de (*Capsicum annuum L.*) con aplicaciones de biofertilizantes.

Por el contrario Elshaboury, y Sakara, (2021) reportaron haber tenido diferencias significativas en el contenido mineral del Fe en cultivo de cebolla con aplicaciones de Fulvatos de Potasio.

## 5.6. Contenido de Zinc (Zn)



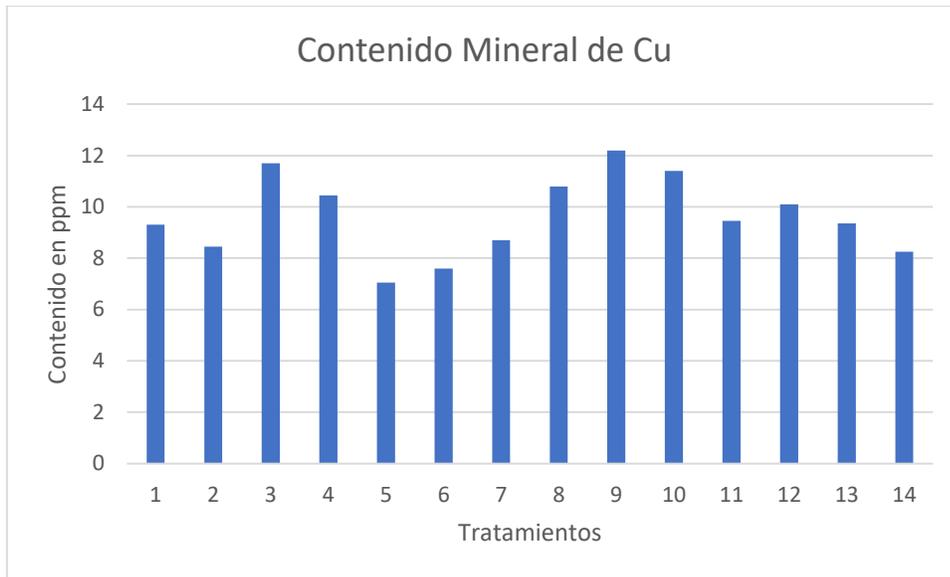
**Gráfica 6.** Comparación de medias de la variable Zinc (Zn) en ppm del chile manzano

Con los datos obtenidos del contenido mineral de Zn, podemos mencionar que no existen diferencias significativas entre tratamientos y repeticiones.

Al igual que lo obtenido por Gamboa, *et al.*, (2020), quienes no encontraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido mineral de microelementos en frutos de (*Capsicum annuum L.*) con aplicaciones de biofertilizantes.

Con respecto al uso de Fulvatos de Potasio Elshaboury, y Sakara, (2021) describieron diferencias significativas en el contenido mineral del Zn en el cultivo de cebolla.

### 5.7. Contenido de Cobre (Cu)

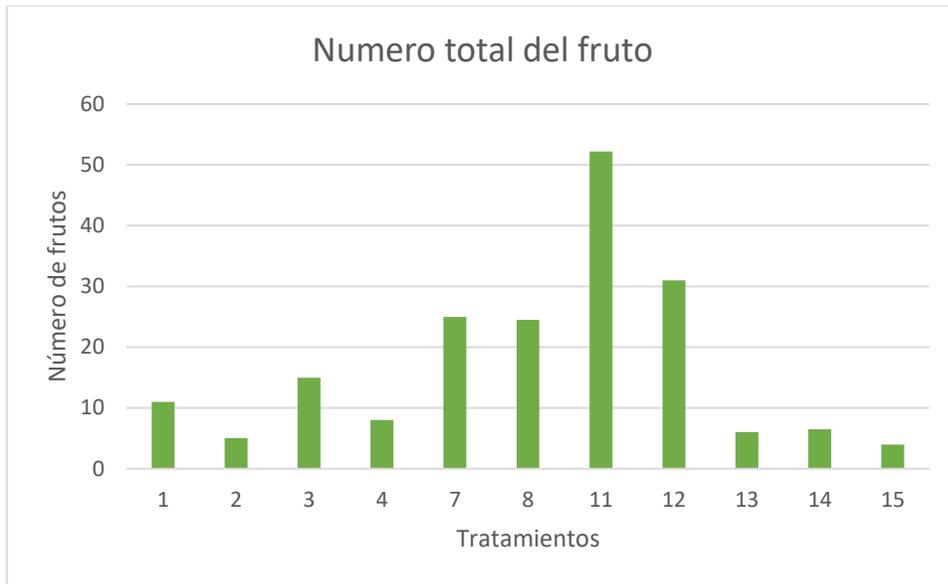


**Gráfica 7.** Comparación de medias de la variable Cobre (Cu) en ppm del chile manzano

Con los datos obtenidos de la variable del contenido mineral de Cu, podemos destacar que no se demuestran diferencias significativas con respecto a los tratamientos y repeticiones.

Se puede observar también en los datos reportados por Gamboa, *et al.*, (2020), quienes no encontraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido mineral de microelementos en frutos de *Capsicum annum L.*) con aplicaciones de biofertilizantes.

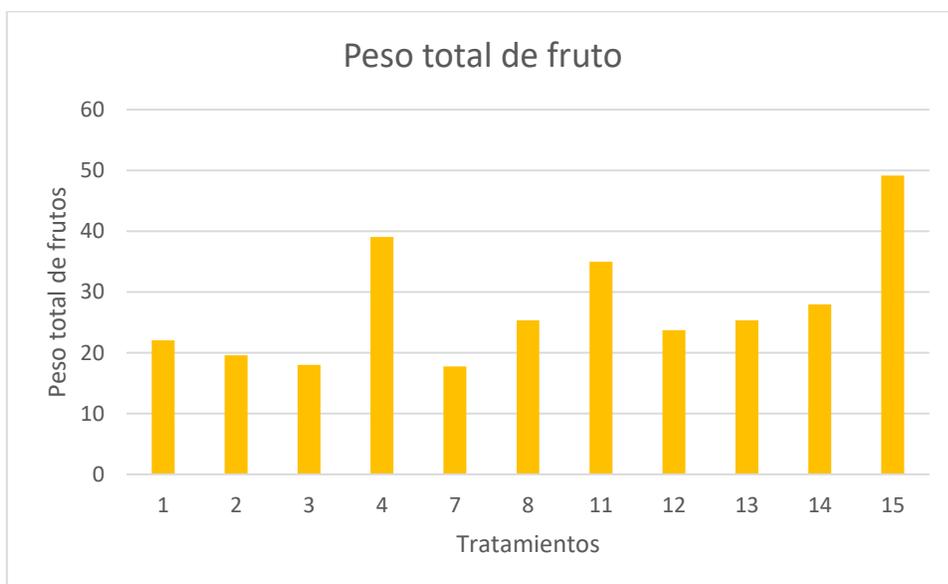
### 5.8. Número total de frutos



**Gráfica 8.** Comparación de medias de la variable Número total de frutos del chile manzano

De acuerdo a los datos obtenidos del número total de frutos, no se muestran diferencias estadísticamente significativas. Resultados similares a Oreño (2022) quien evaluó *trichoderma* en parámetros de crecimiento de la planta de tomate.

### 5.9. Peso total de frutos



**Gráfica 9.** Comparación de medias de la variable Peso total de frutos del chile manzano

Los datos obtenidos del PTF no presentan diferencias significativas entre tratamientos y repeticiones. Oroño (2022) evaluando *Trichoderma* en parámetros de crecimiento de la planta de tomate, tampoco encontró diferencias significativas.

Por el contrario, Jiménez y García (2018) encontraron diferencias significativas en el rendimiento del tomate evaluando fertilizaciones con K.

El potasio se ha asociado como el nutrimento de calidad para la producción de cultivos. Debido a su papel fundamental en la fotosíntesis, la respiración y la activación de enzimas, el potasio tiene una influencia significativa tanto en el crecimiento como en la calidad de frutas y hortalizas (Intagri, 2017)

## 6. CONCLUSIÓN

El uso de biofertilizantes como *trichoderma* y fulvato de potasio no mostraron diferencias significativas en cada variable a evaluar. Se puede mencionar que con la aplicación de las sales cuaternarias de amonio se evitó el desarrollo de enfermedades fitopatógenas (hongos y bacterias), por esta razón cabe la posibilidad que este producto inhibiera el desarrollo de *trichoderma*. Lo que abre a la oportunidad de continuar con las investigaciones de manera individual de cada uno de estos productos para evitar incompatibilidades y tener datos más certeros de cada variable a evaluar.

## 7. LITERATURA CITADA

Agrios, G. N. (2005). Fitopatología. México: Limusa.

Ávalos, D. F. L., Pereira, W. D. L., Duarte, H. J., López, E. M., Sánchez, A. F., Barrios, C. A. M., ... & Casuriaga, O. C. (2022). Producción de habilla negra sobre cobertura

muerta de kumanda yvyrai con fertilización foliar. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 4312-4325

BioStar. 2021. Ficha técnica Aminofol Potasio. 02/12/2023.  
<https://www.biostar.mx/aminofolpotasio.pdf>

Centro Agronómico Tropical de Investigación, & Enseñanza (CATIE). Programa de Mejoramiento de Cultivos Tropicales. 1993. *Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de chile dulce* (No. 201).

Chiriboga, H., Gómez, G., Garcés, K. 2015. Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo *Trichoderma* spp. Para el control biológico de enfermedades.

Djonovic, S., Vargas, W. A., Kolomiets, M. V., Horndeski, M., Wiest, A., y Kenerley, C. M. 2007. A proteinaceous elicitor Sm1 from the beneficial fungus *Trichoderma virens* is required for induced systemic resistance in maize. *Plant physiology*, 145(3), 875-889.

Elshaboury, H., y Sakara, H. 2021. The role of garlic and onion extracts in growth and productivity of onion under soil application of potassium humate and fulvate. *Egyptian Journal of Soil Science*, 61(2), 187-200.

Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). 2017. Chile, producto tradicional de la gastronomía mexicana. 28/11/2023. Consultado en <https://www.gob.mx/firco/articulos/chile-producto-tradicional-de-la-gastronomia-mexicana?idiom=es>

Food and Agriculture Organization Statistics (FAOSTAT). 2023. 12/11/2023. Consultado en: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

Gamboa, A, J., Ruíz, S, E., Alvarado, L, C., Gutiérrez, M, F., Ruíz, V, V. M., y Medina, D, K. (2020). Efecto de biofertilizantes microbianos en las características agronómicas de la planta y calidad del fruto del chile xcat'ik (*Capsicum annum* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(4), 817-826.

Gasga, P, R. 2011. Reflectancia en hojas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) para estimar contenido de nitrógeno. Tesis doctoral. Colegio de posgraduados.

- González, U, P. 2019. Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. *Asesoría Técnica Parlamentaria*, 1(1), 1-5.
- Guerrero, G. M. F. 2015. Descripción etológica de la araña roja del cultivo de rosa (rosa sp) en laboratorio. *Ceasa, sector Salache, provincia de Cotopaxi 2015* (Bachelor's 47esis, LATACUNGA/UTC/2015).
- Hernández, M, D. J., Ferrera-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2019). Trichoderma: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(1), 98-112.
- Hernández, S, E. 2016. Manual para la producción de chile manzano en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji. 28/11/2023. <https://www.uttt.edu.mx/publicaciones/Manual%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20chile%20manzano%20en%20el%20Valle%20del%20Mezquital.pdf>
- Infoagro. 2019. Características de la araña roja (*Tetranychus urtica*). 28/11/2023. <https://mexico.infoagro.com/caracteristicas-de-la-arana-roja-tetranychus-urticae/>
- Intagri. 2017. Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal Núm. 100. Artículos Técnicos de Intagri. México. 4 p.
- Jiménez, B., y García, S, R. 2018. Influencia del potasio en el rendimiento y calidad del fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Manglar*, 14(2), 125-131.
- Jones, J. B., Stanley, C. D., Csizinszky, A. A., Kovach, S. P., & McGuire, R. G. 1988. K and N fertilization rates influence susceptibility of trickle-irrigated tomato plants to bacterial spot. *HortScience*, 23(6), 1013-1015.
- KOPPERT. (2023). *Trips occidental de las flores*. 28/11/2023. Obtenido de <https://www.koppert.mx/retos/control-de-plagas/trips/trips-occidental-de-las-flores/>
- KOPPERT. 2023. *Araña roja*. 28/11/2023. Obtenido de <https://www.koppert.mx/retos/control-de-plagas/aranas-rojas-y-otras-aranas/arana-roja/>

- KOPPERT. 2023. Mosca blanca. 28/11/2023. Obtenido de <https://www.koppert.mx/retos/control-de-plagas/moscas-blancas/mosca-blanca/#s-ntomas-y-da-os>
- Moharana, P. C., Sharma, B. M., & Biswas, D. R. 2017. Changes in the soil properties and availability of micronutrients after six-year application of organic and chemical fertilizers using STCR-based targeted yield equations under pearl millet-wheat cropping system. *Journal of Plant Nutrition*, 40(2), 165-176.
- Mulder, I., Siemens, J., Sentek, V., Amelung, W., Smalla, K., & Jechalke, S. 2018. Quaternary ammonium compounds in soil: implications for antibiotic resistance development. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 17, 159-185.
- Musiño, S, S. Pedral M, E. Aquino M, J, G. Lopez R, M. 2014. Guia para cultivar chile manzano en invernadero. 27/11/2023. Obtenido de <https://icamex.edomex.gob.mx/sites/icamex.edomex.gob.mx/files/files/publicaciones/2013%20CHILE%20MANZANO.pdf>
- Oroño, T. 2022. Efecto de *Trichoderma atroviride* alfap8 sobre parámetros de crecimiento, sanidad y rendimiento en el cultivo de *tomate var. Platense* en la localidad de Marcos Juárez (Bachelor's thesis).
- OSMAR, S. S. K. 2020. Aplicación de dos bioestimulantes agrícolas en el comportamiento agronómico del pimiento (*Capsicum annum* L.) en el recinto El Deseo, Guayas (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR).
- Pérez, G. M y Castro B. R. 2012. *El chile manzano*. México: universidad autonoma chapingo.
- Pérez, G. M. 2007. *Produccion de chile manzano (capsicum pubescens) bajo fertilizacion organica* . Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Pérez, O. C. 2018. Calidad nutracéutica y contenido mineral del cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annum*) inoculado con rizobacterias y endomicorrizas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Ploetz, R. 2015. Manejo de marchitamiento del banano por Fusarium: una revisión con referencia especial a la raza tropical 4. *Protección de cultivos* 73(9): 7- 15.1
- Polack, L. A. 2005. Manejo integrado de moscas blancas. *Boletín hortícola*, 10(31), 23-30.
- Proain Tecnología Agrícola. 2020. Ciclo biológico de la mosquita blanca y sus afectaciones en la agricultura. 28/11/2023. Obtenido de <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/ciclo-biologico-de-la-mosquita-blanca-y-sus-afectaciones-en-la-agricultura>
- Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO). 2021. Consume Chile Serrano esta temporada. 29/11/2023. Obtenido de <https://www.gob.mx/profeco/articulos/consume-chile-serrano-esta-temporada?idiom=es#:~:text=Contiene%20vitaminas%20B%20y%20E,y%20es%20un%20anticoagulante%20natural.>
- Ramírez, S, R. 2008. Estudio de la 49esis49ción postcosecha en frutos de chile ancho (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de estrés salino.
- Retana, S y Rodríguez A. 2015. Ficha tecnica. *Frankliniella párvula*. 29/11/2023. Obtenida de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/472510/Ficha\\_tcnica\\_Frankliniella\\_parvula.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/472510/Ficha_tcnica_Frankliniella_parvula.pdf)
- Reuter, D., y Robinson, J. B. (Eds.). 1997. *Plant analysis: an interpretation manual*. CSIRO publishing.
- Reyes, R, A., López A, M., Ruiz S, E., Latournerie M, L., Pérez G, A., Lozano C, M. G., y Zavala L, M. J. (2014). Effectiveness of microbial inoculants on growth and productivity of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia*, 48(3).
- Santillán, M, L. 2016. Asi funcionan los biofertilizantes. Ciencias UNAM. 27/11/2023. Obtenido de [https://ciencia.unam.mx/leer/570/Asi\\_funcionan\\_los\\_biofertilizantes](https://ciencia.unam.mx/leer/570/Asi_funcionan_los_biofertilizantes)

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. Un panorama del cultivo del chile. 25/11/2023. Obtenido de <http://infosiap.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100705-monografia-chile.pdf>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2016. El impacto de las plagas y enfermedades en el sector agrícola. 01/12/2023 consultado en [El impacto de las plagas y enfermedades en el sector agrícola | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](#)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2016. Fertilizantes, los alimentos de nuestros alimentos. 25/11/2023. <https://www.gob.mx/siap/articulos/fertilizantes-los-alimentos-de-nuestros-alimentos#:~:text=Los%20fertilizantes%20son%20sustancias%20que,la%20calidad%20de%20los%20alimentos.>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. 02/12//2023. Consultado en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Teruelo, G, L. 2021. Uso de biofertilizantes como una herramienta para mejorar la productividad y la calidad de un cultivo intensivo de tomate. Tesis de licenciatura. Universidad de Almería.