

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Capacidad de Extracción de Fertilizantes y Niveles de Fertilidad de Elementos Menores, en Chile Serrano.

Por:

**AXEL HERNANDEZ CRUZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener su título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Agosto 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Capacidad de Extracción de Fertilizantes y Niveles de Fertilidad de Elementos Menores, en Chile Serrano.

Por:

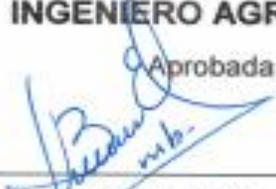
**AXEL HERNANDEZ CRUZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener su título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Blanca Elizabeth  
Zamora Martínez  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Eulalia Edith  
Villavicencio Gutiérrez  
Asesor Principal Externo

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Leonardo Bañuelos Herrera  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Héctor Manuel Castillo Soto  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Coordinador de División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Agosto 2024

## 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, graficas, 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.

Pasante



Axel Hernández Cruz

---

Firma y nombre

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera, por el apoyo brindado durante esta trayectoria, así como por la amistad generada a lo largo de este proceso, por ser un gran asesor, por compartirme muchos de sus conocimientos, por los consejos brindados y sobre todo por haber mantenido la confianza hacia mí a pesar de los tropiezos que en dado momento llegaron a frenar mi formación.

A la M. C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez, por haberme brindado su apoyo durante todo este proceso, por ser una gran persona, por haberme otorgado su confianza y por sus consejos que sin duda alguna influyeron para poder terminar esta etapa de licenciatura.

Al Lic. Juan Pablo Rodríguez, quien me brindó la oportunidad de llevar a cabo parte de mi formación profesional en las instalaciones de su rancho “Rancho Zacatecas” en producción intensiva de nogal y producción de hortalizas bajo macro túnel, también por el apoyo brindado durante el transcurso.

Al Sr. Juan Lucio Coronel, y a su familia quien me recibió con brazos abiertos durante mi estancia de practicante, por apoyarme con los conocimientos prácticos que en su momento se necesitaron, y sobre todo por haber sido un buen amigo.

A Ricardo Sandoval y Francisco Sandoval, gracias por el apoyo y amistad brindada durante mi estancia en esta Ciudad.

## DEDICATORIA

A Dios y a mis santos (San Judas Tadeo y a mi Santa Muerte), que me protegen el día a día, y me guían en todo momento, es gracias a ellos que sigo presente y he podido llegar hasta donde ahora estoy.

A mis padres, María de la Luz Cruz Alcantar y Amado Hernández Cruz, quienes son lo más importante en mi vida y la razón principal por la que he logrado terminar esta meta, son y seguirán siendo mi motivación día con día. ¡Los amo!

A mis hermanas Yareli y Verónica, y a mi hermano Jose, que los aprecio y los amo, y que, a pesar de todo, siempre formarán parte importante en mi vida.

A mi cuñado Francisco Jesús Espinoza Salazar, por ser una gran persona a quien admiro y respeto, ¡Se ha ganado mi confianza y mi cariño!

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pagina
DECLARACIÓN DE NO PLAGIO .....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIA .....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	IX
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO .....	3
1.3. HIPÓTESIS .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. ANTECEDENTES DEL CULTIVO. ....	4
2.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	5
2.2.1. <i>Raíz</i> . ....	5
2.2.2. <i>Tallo</i> . ....	5
2.2.3. <i>Hoja</i> . ....	6
2.2.4. <i>Flor</i> .....	6
2.2.5. <i>Fruto</i> . ....	6
2.2.6. <i>Semilla</i> . ....	6
2.2.7. <i>Pungencia</i> .....	7
2.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA. ....	7
2.4. CONDICIONES CLIMÁTICAS Y EDÁFICAS.....	7
2.4.1. <i>Suelo</i> .....	7
2.4.2. <i>Luz</i> . ....	8
2.4.3. <i>Temperatura</i> . ....	8
2.4.4. <i>Humedad Relativa</i> . ....	8
2.4.5. <i>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</i> . ....	9
2.4.6. <i>Altitud</i> .....	9
2.4.7. <i>Potencial Hidrógeno (pH)</i> .....	9
2.4.8. <i>Conductividad Eléctrica (CE)</i> . ....	10
2.5. MANEJO DEL CULTIVO.....	10

2.5.1. Siembra.....	10
2.5.2. Trasplante.....	10
2.5.3. Riego.....	11
2.5.4. Labores Culturales.....	11
2.5.5. Plagas y enfermedades.....	12
2.5.6. Fertilización.....	16
2.6. ¿QUÉ ES LA NUTRICIÓN VEGETAL? .....	16
2.7. ADSORCIÓN Y ABSORCIÓN DE NUTRIENTES DEL SUELO A LA PLANTA. ....	17
2.8. LOS NUTRIENTES INTERCAMBIABLES. ....	17
2.9. FUNCIÓN DE LOS NUTRIENTES EN EL DESARROLLO DE LA PLANTA. ....	18
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1 UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL. ....	23
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL. ....	24
3.3. MATERIAL GENÉTICO.....	24
3.4. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO. ....	25
3.4.1 <i>Trasplante</i> .....	26
3.4.2 <i>Manejo sanitario</i> . ....	26
3.4.3 <i>Riegos</i> .....	27
3.4.4 <i>Manejo nutricional</i> .....	27
3.4.5 <i>Preparación de las soluciones madre</i> . ....	28
3.4.6 <i>Tratamientos evaluados</i> .....	29
3.4.8 <i>Diseño estadístico</i> .....	31
3.4.9 <i>Modelo estadístico</i> . ....	31
3.4.10 <i>Variables evaluadas y forma de medición</i> . ....	31
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
4.1. DIÁMETRO POLAR (DP). ....	34
4.2. DIÁMETRO ECUATORIAL (DE). ....	39
4.3. PESO DE FRUTO (PF).....	43
4.4. FRUTOS POR PLANTA (FP). ....	47
4.5. RENDIMIENTO (T/HA).....	52
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>VII. SUGERENCIAS.....</b>	<b>58</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>60</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
2.1.	Elementos indispensables para el desarrollo de las plantas.....	16
3.1.	Resultado del análisis de fertilidad de suelo.....	23
3.2.	Niveles de fertilidad de elementos (ppm).....	27
3.3.	Cantidad de fertilizantes utilizadas por litro de solución madre de cada fertilizante.....	28
3.4.	Descripción de relación de tratamientos.....	28
4.1.	Concentración de datos de cuadrados medios.....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
3.1.	Sitio del experimento (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila) .....	22
4.1.	Comportamiento de los tratamientos a la aplicación de niveles de fertilidad de elementos menores y al uso de capacidades de extracción, para la variable Diámetro Polar (DP).....	33
4.2.	Respuesta del cultivo de chile serrano a los niveles de fertilidad de elementos menores, para la variable Diámetro Polar, (DP).....	34
4.3.	Respuesta del cultivo de chile serrano a la capacidad de extracción de fertilizante Kg/Ha/año, para la variable Diámetro Polar, (DP).....	35
4.4.	Comportamiento de los tratamientos a la aplicación de niveles de fertilidad de elementos menores y al uso de capacidades de extracción, para la variable Diámetro Ecuatorial (DE).....	37
4.5.	Respuesta del cultivo de chile serrano a los niveles de fertilidad de elementos menores, para la variable Diámetro Ecuatorial, (DE).....	38
4.6.	Respuesta del cultivo de chile serrano a la capacidad de extracción de fertilizante Kg/Ha/año, para la variable Diámetro Ecuatorial, (DE).....	39
4.7.	Comportamiento de los tratamientos a la aplicación de niveles de fertilidad de elementos menores y al uso de capacidades de extracción, para la variable Peso (P).....	41
4.8.	Respuesta del cultivo de chile serrano a los niveles de fertilidad de elementos menores, para la variable Peso, (P).	42
4.9.	Respuesta del cultivo de chile serrano a la capacidad de extracción de fertilizante Kg/Ha/año, para la variable Peso, (P).....	43
4.10.	Comportamiento de los tratamientos a la aplicación de niveles de fertilidad de elementos menores y al uso de	

	capacidades de extracción, para la variable Frutos por Planta, (FP).....	45
4.11.	Respuesta del cultivo de chile serrano a los niveles de fertilidad de elementos menores, para la variable Frutos por Planta, (FP).....	46
4.12.	Respuesta del cultivo de chile serrano a la capacidad de extracción de fertilizante Kg/Ha/año, para la variable Frutos por Planta, (FP).....	47
4.13.	Comportamiento de los tratamientos a la aplicación de niveles de fertilidad de elementos menores y al uso de capacidades de extracción, para rendimiento en t/Ha.....	49
4.14.	Respuesta de niveles de fertilidad de elementos menores, respecto a rendimiento.....	50
4.15.	Respuesta de capacidad de extracción de fertilizantes en Kg/Ha/año respecto a rendimiento.....	51

## RESUMEN

El cultivo de chile serrano *Capsicum annuum* L., es una de las hortalizas pertenecientes a la familia de las solanáceas, que más se produce a nivel nacional, por lo que resulta importante el manejo agronómico y nutricional en el proceso de cultivo. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo con la finalidad de obtener información acerca de los parámetros nutricionales, como son niveles de fertilidad de elementos menores en el suelo y capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año. El trabajo experimental se estableció dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial de AxB (3x3), con la combinación de niveles entre factores, arrojó un total de 9 tratamientos con tres repeticiones, obteniéndose 27 unidades experimentales. El factor A (niveles de fertilidad de elementos menores), factor B (capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año). Las variables evaluadas fueron; diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), peso de fruto (PF), frutos por planta (FP) y rendimiento en (t/Ha). Los resultados obtenidos, indican que los niveles bajos de fertilidad de elementos menores, favorecen el incremento en los valores de las variables diámetro ecuatorial (DE), peso de fruto (PF) y frutos por planta (FP), y que en interacción con el factor B, al aumentar de una capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año a una mayor, estos valores sufren una reducción estadística significativa. Los niveles altos de fertilidad de elementos menores favorecen el incremento de los valores en las variables diámetro polar (DP) y frutos por planta (FP), sin embargo, esto obliga a incrementar la capacidad de extracción de fertilizante hasta 2,500 Kg/Ha/año, cuando se desea mejorar estas variables. Es conveniente el empleo de una capacidad de extracción de fertilizante de 2,000 kg/Ha/año como máximo para los casos en los que se cuente con suelos de características sumamente pobres de fertilidad, ya que al aumentar a una cantidad de fertilizante mayor los costos de producción se ven afectados de manera negativa, afectando la economía del productor, además de que esta decisión, no genera un incremento importante en los valores de calidad del producto, por lo tanto, tampoco presenta un incremento significativo respecto a rendimiento de producción en t/Ha, por tal motivo la práctica de la utilización de altas cantidades de fertilizante en Kg/Ha/año, resulta innecesaria, por lo que es suficiente el considerar una capacidad de extracción de 1,500 Kg/Ha/año, hasta un máximo de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año, utilizando en la interpretación cuantitativa del análisis de suelo, niveles bajos de fertilidad de elementos menores.

**Palabras clave:** Niveles de fertilidad de elementos menores, Capacidad de extracción, *Capsicum annuum* L, Chile serrano.

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile serrano (*Capsicum annuum* L.), es una especie hortícola de gran importancia por el valor de su producción. Se cultiva en todos los estados de la República Mexicana, desde el nivel del mar, hasta los 2500 m de altura. La importancia de este cultivo reside en el hecho de ser un cultivo intensivo, que requiere en consecuencia una elevada cantidad de mano de obra, que va aproximadamente de 120 a 200 jornales por hectárea cosechada, (Aguirre-Mancilla, *et al.*, 2017).

En la producción de chile serrano o chile verde, México a nivel mundial se ha colocado dentro de los principales productores encontrándose entre el segundo y cuarto lugar, siendo aparte de productor, un importante consumidor del producto por su buen sabor, cultura y tradición a lo largo de la historia de México, (SADER, 2021)

El chile es el octavo cultivo con mayor valor generado en la agricultura nacional, alcanzando alrededor de 13 mil mdp anualmente, con un volumen de producción promedio de 2.2 millones de toneladas, del cual se exportan cerca de 900 mil toneladas de chiles frescos, secos y en preparaciones, (SADER, 2024).

Solo los estados de Sinaloa, Chihuahua y Zacatecas reportaron cosechas de 751 mil 839 toneladas, 701 mil 392 toneladas y 480 mil 694 toneladas, respectivamente, que de manera conjunta representan el 59.7% del volumen de producción nacional hasta el mes de diciembre de 2023, (SADER, 2024).

También con producción de esta hortaliza, están los estados de: San Luis Potosí, con 324 mil 870 toneladas, Sonora, con 187 mil 591 toneladas, Guanajuato, con 145 mil 362 toneladas, Jalisco, con 140 mil 253 toneladas, y Baja California Sur, con 83 mil

121 toneladas, y sobresalen entre las 32 entidades dedicadas al cultivo de chile verde, (SADER, 2024).

El consumo per cápita en México es de 15.7 kilogramos, y tiene una participación del 19.4 por ciento en la producción total de hortalizas a nivel nacional.

El principal comprador del chile mexicano son los Estados Unidos de Norte América, país al que se destina alrededor del 99% del volumen total exportado y al que se enviaron 490,681 toneladas en 2021, lo que representó un incremento de 13.4% respecto a las 432,833 toneladas que se exportaron en el 2020, (ProducePay, 2022).

Adicionalmente, México también es el principal proveedor de chile en Estados Unidos, por encima de República Dominicana y Canadá, sin embargo, México también envía en menor volumen hacia otros países como, España, Guatemala y Reino Unido.

Una de las mayores problemáticas en la producción de chile serrano es la sobrecarga o aplicación excesiva de sales minerales y fertilizantes, que afectan las características agronómicas del suelo al subir la salinidad, así mismo, la baja aplicación de los fertilizantes por algunos productores, por lo que es importante conocer la capacidad de extracción y niveles de fertilidad adecuados que permitan llevar al cultivo a su máxima expresión genética y obtener mejores resultados con el uso eficiente y responsable de fertilizantes.

Lo que hace necesario generar la información sobre la capacidad de extracción de fertilizante y los niveles de fertilidad, ya que frecuentemente los productores suelen realizar su aplicación sin existir un análisis de suelo previo sobre la fertilidad de estos, lo que provoca un uso descontrolado e irresponsable de los fertilizantes, provocando antagonismos de elementos que afecta negativamente la producción de chiles. Dentro de los esquemas de fertilización que regularmente se aplican, es común observar el uso limitado de los elementos menores como el caso de B, Fe, Mn, Zn, Cu, que juegan un papel importante en el desarrollo de las plantas y en su capacidad de producción, sin dejar de mencionar su relación con la síntesis de fitoalexinas y resistencia de las plantas a las enfermedades.

El presente trabajo de investigación se realiza con la finalidad de determinar los niveles de fertilidad de elementos mayores y menores en el suelo y capacidad de extracción óptima de los fertilizantes, que permita mejorar la calidad del producto, así como el incremento en el rendimiento.

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Analizar la influencia que tiene la aplicación de los fertilizantes, en diferentes capacidades de extracción en función de diferentes niveles de fertilidad en elementos menores en el cultivo de chile serrano (*Capsicum annuum* L.).

### **1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Determinar la capacidad de extracción y niveles de fertilidad de elementos menores, con las que el cultivo de chile permite una mejor calidad y aumento en la producción.

### **1.3. HIPÓTESIS**

Al menos uno de los tratamientos tendrá influencia positiva en los parámetros de calidad y rendimiento del cultivo de chile serrano.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes del Cultivo.

Las especies del género *Capsicum* tiene como centro de origen América central, el chile es originario de México, evidencias arqueológicas estiman que fue cultivada desde el 7000 al 2555 a. C. en Tehuacán, Puebla, y en Ocampo, Tamaulipas, este género *Capsicum* comprende un promedio de 25 especies y 5 son cultivadas en mayor proporción casi en todo el mundo, la especie más desarrollada y con mayor consumo es *C. annum* L, (Aguirre, *et al.*, 2015).

El chile piquín, es la especie de chile mexicano que dio origen a las especies subsiguientes de chile, con excepción a la especie de chile habanero y chile manzano, generalmente se llegó a la teoría de que se propagó mediante factores bióticos del medio ambiente como el viento, aves y el comercio humano y que fue domesticada en la parte sur de Mesoamérica, (Ramírez, 2016).

Debido a la gran variedad de climas a los que se adapta, en México se han desarrollado gran diversidad de especies, de las cuales cinco de ellas han sido domesticadas con éxito, entre las que se encuentran *Capsicum annum* (chile común o chile verde) en el que se incluye chile serrano, chile jalapeño, chile poblano, chile pasilla, chile de árbol y chile negro; *C. chinense* (chile habanero), *C. pubescens* (chile manzano o perón), *C. baccatum* y *C. frutescens*, (Aguirre-Mancilla, *et al.*, 2017).

Dentro de la producción a nivel nacional en México, los estados con mayor producción se encuentran: Sinaloa, Zacatecas, Chihuahua y San Luis Potosí, en donde los tipos de chile de mayor consumo son el chile ancho, chile jalapeño, serranos y pimientos, (SIAP, 2010; SAGARPA, 2017)

A pesar de la importancia que México presenta en la producción y exportación de esta especie, en los últimos años se ha reportado una reducción significativa respecto a su producción debido a las prácticas de importación de otras especies asiáticas y sudamericanas al mercado nacional, (Cortez, 2024).

Durante la colonia, muchos países del mundo adoptaron el uso de esta hortaliza en sus cocinas, a consecuencia de que los españoles la dieron a conocer en Asia, a través de la Nao de China que viajaba desde acapulco a Manila, en donde los usos que se le dieron a esta hortaliza fueron muy diversos, yendo desde condimentos, colorantes u hortaliza en consumo en fresco, hasta un uso farmacéutico e industrializado,

México es uno de los países con mayor potencial a nivel mundial respecto a producción de chiles ya sea para consumo en fresco o procesados, se encuentra en el segundo lugar después de China, seguido por Turquía, Estados Unidos, España e Indonesia, (Aguirre- Mancilla, *et al.*, 2017).

## **2.2. Descripción Botánica.**

### **2.2.1. Raíz.**

Aunque la mayoría de sus raíces absorbentes se encuentran sobre los primeros 15 y 30 cm de profundidad, su sistema radicular pivotante puede llegar a medir de 0.70 a 1.20 metros. Sus abundantes raíces alcanzan una distancia horizontal de 0.5 m, a 1 m permitiendo de esta manera una mayor absorción de agua y nutrientes. La profundidad de su sistema radical dependerá también de condiciones favorables, como lo son porosidad, textura del suelo y frecuencias de riego, (Ortiz, 2017).

### **2.2.2. Tallo.**

Su crecimiento es determinado, erecto y de forma cilíndrica, a partir de 10 a 15 cm de altura emite de 2 a 3 ramas que continúan ramificándose de forma dicotómica hasta la cosecha, (Pérez, 2023).

### **2.2.3. Hoja.**

Las características más específicas de las hojas son, hojas simples, lisas, alternas, de forma lanceolada, de color verde intenso y de tamaño variable (Rangel,2016), aunque regularmente estas llegan a medir hasta 6 cm de largo y 2.5 cm de ancho del limbo, con peciolos de 0.5 a 6 cm de longitud, (Pérez, 2023).

### **2.2.4. Flor.**

Las flores aparecen alejadas en los nudos del tallo con lugar en las axilas de las ramas, cuentan con cinco pétalos. Son de un color blanco y a veces púrpura, de tamaño reducido y corola blanca. Estas flores son hermafroditas por lo cual la polinización es autógama, presentando un porcentaje pequeño de alogamia, no superando el 10%, (Pérez, 2023).

### **2.2.5. Fruto.**

El fruto es una baya hueca poco carnosa o semi cartilaginosa, donde se encuentran las semillas, que puede alcanzar distintos tamaños, desde los de 3 cm hasta 10 cm de largo en promedio, y diámetros de 1.6 cm a 1.8 cm de forma perpendicular a su base peduncular, su forma es alargada, en color verde claro a oscuro y rojo al madurar, (Hernández y Ocotero, 2015).

### **2.2.6. Semilla.**

Las semillas son de color café claro a oscuro, son pequeñas y ovaladas. Su periodo de germinación va desde los 8 a 15 días después de la siembra. El número de semillas por fruto dependerá de las condiciones ambientales a las que se encuentre expuesto y de la aplicación de nutrientes durante su desarrollo, (Arriaga, 2011).

### **2.2.7. Pungencia.**

El nivel de pungencia está determinado por la capsaicina, sustancia que se forma de manera natural y se encuentra en las semillas, las venas y el cuerpo del chile, brindándole un sabor característico que lo diferencia de otras variedades. La capsaicina, usada como repelente en la agricultura y también tiene uso dentro del mercado farmacéutico, (Hernández y Ocotero, 2015).

### **2.3. Clasificación Taxonómica.**

Clasificación taxonómica del Chile Serrano (*Capsicum annuum* L.), según Pickersgill, (1971).

**Reino:** Plantae

**Sub-Reino:** Tracheobionta

**Superdivisión:** Spermatophyta

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Asteridae

**Orden:** Solanales

**Familia:** Solanaceae

**Género:** *Capsicum*

**Especie:** *C. annuum* L

### **2.4. Condiciones Climáticas y Edáficas.**

#### **2.4.1. Suelo.**

Prefiere suelos con texturas ligeras a intermedias. Suelos franco-arenosos, profundos y fértiles, con buena capacidad de retención de agua, pero con buen drenaje. No recomendables suelos muy arcillosos, por la gran retención de humedad que estos presentan, afectando de manera negativa, generando el desarrollo de enfermedades de raíz y afectando el proceso de respiración de esta (hipoxia), (Barrantes, 2010).

#### **2.4.2. Luz.**

Es una especie hortícola que se desarrolla bien en condiciones de días medios (12-14 horas) a días cortos (12 horas), pero con luz intensa, (Gómez, 2015).

Es una planta muy exigente en luminosidad, particularmente en los estados de pleno desarrollo del fruto, aunque la exposición a radiación demasiado alta durante la etapa de madurez puede producir agrietamientos y marcas en los frutos, golpes de sol y coloración irregular. Por lo contrario, altos porcentajes de sombra a causa de biomasa excesiva por una alta densidad de plantación, bajo sistemas de cubiertas plásticas o malla sombra, puede provocar caída floral y, por ende, afectar negativamente el rendimiento, (Álvarez & Pino, 2018).

#### **2.4.3. Temperatura.**

El chile serrano es una planta que se desarrolla en climas cálidos, que puede soportar temperaturas superiores a los 35°C, aunque su temperatura ideal se encuentra de los 24 a 30°C. Es sensible a climas muy templados, y la planta llega a morir cuando se presenta una temperatura inferior a 0°C, (Arriaga, 2011).

#### **2.4.4. Humedad Relativa.**

El cultivo de chile es medianamente demandante en humedad, tanto en el suelo, como en el ambiente, exigiendo una humedad del 80% a capacidad de campo, y una humedad relativa del 60 al 70% en el medio ambiente. La falta de humedad en el suelo reducirá considerablemente la absorción de agua y nutrientes, afectando directamente en el desarrollo y rendimiento de la planta. Por el contrario, una excesiva humedad en el suelo y en el ambiente será causa de la incidencia y desarrollo de plagas y enfermedades endémicas del cultivo, así como la aparición tardía de botones florales y maduración irregular de frutos, (Gómez, 2015).

#### **2.4.5. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).**

Es la fuente de carbono a partir de la cual se sintetizan otros compuestos mediante la utilización de la energía solar. La concentración de CO<sub>2</sub> en el ambiente y alrededor de las hojas, tiene un impacto muy severo en el proceso de la fotosíntesis, por lo tanto, depende de este la acumulación de glucosa y otros azúcares que la planta utiliza como reservas energéticas para sus procesos metabólicos.

En la atmósfera el contenido promedio de CO<sub>2</sub> es de 0.03% y 21% de O<sub>2</sub>. Los fisiólogos han encontrado que al aumentar las concentraciones de CO<sub>2</sub> a 0.10% en un sistema cerrado, se duplica la tasa fotosintética de algunos cultivos. Todas las plantas que hasta ahora han sido estudiadas, han presentado un mayor rendimiento al momento de incrementar la cantidad de CO<sub>2</sub> por encima de los niveles ya disponibles en la atmósfera, (Mota, 2011).

#### **2.4.6. Altitud.**

El género *Capsicum annum*, se desarrolla desde 0 hasta los 2500 msnm, aunque mucho dependerá de los híbridos y variedades utilizadas en cada altitud, (Barrantes, 2010).

#### **2.4.7. Potencial Hidrógeno (pH.).**

El potencial hidrógeno del suelo o sustrato en el que se vaya a establecer el cultivo, es de suma importancia pues de este dependerá la calidad de desarrollo de la planta, debido al rango de asimilación en el que se encuentran los nutrientes. Prefiere crecer en suelos bien drenados con un pH ligeramente ácido, que oscila entre 6.5 y 7.0, se adapta mejor en suelo arenoso-limoso, no tan recomendable en suelos arcillosos, (Pérez, 2023).

#### **2.4.8. Conductividad Eléctrica (CE).**

La conductividad eléctrica está atribuida a la cantidad de sales disueltas en la solución del suelo, está interviene en el cultivo de diversas formas, y conductividades eléctricas mayores a 2 o 3 dS/m dificultan la absorción del agua por la planta provocando toxicidad de varios elementos, disminuye el crecimiento vegetativo, de raíz y como consecuencia, disminuye la producción y el rendimiento del cultivo. Mientras que, conductividades eléctricas menores a 0.5 dS/m, también provocan alteraciones fisiológicas en el cultivo debido a la deficiencia de sales minerales que son esenciales para su desarrollo. En el cultivo de chile es recomendable mantener una conductividad eléctrica de la solución del suelo cercana a 1.5 dS/m y hasta 1.8 dS/m. sobre todo cuando hay desbalance nutricional, (Gómez, 2015).

### **2.5. Manejo del cultivo.**

#### **2.5.1. Siembra.**

En las zonas templadas y frías del país es preferible sembrar primero en almácigos o charolas, para poder adelantar el ciclo del cultivo y tener mayor control sobre la germinación y el primer crecimiento. Dichas prácticas, originan un mejor manejo sobre la temperatura, humedad y el control de las plagas utilizando mallas apropiadas. Además, existe una manipulación más adecuada de la siembra que se hace semilla por semilla y, posteriormente, una mejor selección de las plántulas al momento del trasplante, llevando a campo plántulas vigorosas y con buen desarrollo radicular, (Rodríguez, 2021).

#### **2.5.2. Trasplante.**

La actividad de trasplante se lleva a cabo cuando la planta tenga una altura de 7 a 15 cm., y con 1 a 2 pares de hojas verdaderas desarrolladas, además de poseer características de buen desarrollo radicular y foliar, apariencia vigorosa y color verde oscuro en el follaje. Es aconsejable aclimatar las plántulas para el movimiento del trasplante, exponiéndose a la radiación del sol directo de manera paulatina, se suspenden los riegos y se descubren los almácigos o semilleros durante la noche,

esto se hace de 5 a 8 días antes de la acción del trasplante. Se trasplanta en suelo que ha sido sometido a capacidad de campo por medio de un riego de acondicionamiento, procurando no cubrir más allá del cepellón, (Rodríguez, 2021).

### **2.5.3. Riego.**

*Capsicum annuum*, es una especie que tiene una demanda de agua en promedio de 27.56" por ciclo, lo que es equivalente a un total de 700 mm. Esto principalmente en sus etapas más imprescindibles, las cuales son la etapa de floración, cuajado y llenado de fruto, (Rangel, 2016).

En zonas cálidas y secas, debido a la baja humedad relativa y a las altas temperaturas, se requiere riego con mayor frecuencia que en zonas templadas, al igual que donde hay suelos arenosos y ligeros. En cambio, en áreas de suelos pesados a francos, los riegos deben ser más espaciados, para mantener el porcentaje de capacidad de campo que exige la planta y no generar el desarrollo de bacterias y hongos a causa de un exceso de humedad, (Rodríguez, 2021).

### **2.5.4. Labores Culturales.**

El tutorado es una práctica de gran importancia en el cultivo, influye positivamente ayudando a evitar la incidencia de enfermedades, mejora la aireación e iluminación de las flores y frutos. Para sostener el cultivo de manera erguida, se colocan varas a cada dos metros, dos líneas de estacas por cada cama o surco. Conforme crece la planta, se colocan hilos como soporte de la planta, evitando el contacto con el suelo, (INIFAP, 2017).

El deshierbe, es la actividad que se realiza con regularidad con el objetivo de prevenir la competencia de malezas con el cultivo, por factores como la luminosidad, nutrientes y oxigenación ya que afecta severamente en su desarrollo. Además, se disminuye la incidencia de plagas y enfermedades, pues las malas hierbas actúan como hospederos de estos organismos.

El aporque en pimiento es una práctica que consiste en cubrir con tierra la parte del tallo principal de la planta para reforzar su base y favorecer el desarrollo radicular. En terrenos enarenados debe retrasarse el mayor tiempo posible para evitar el riesgo de quemaduras por sobrecalentamiento de la arena, (Álvarez y Pino, 2018).

### **2.5.5. Plagas y enfermedades.**

Es importante mantener el manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo, mediante el uso de productos químicos u orgánicos, pues es un factor determinante para la producción y rendimiento de este, ya que por medio de agentes bióticos y abióticos el cultivo puede estar sometido a un impacto negativo durante su desarrollo, disminuyendo su producción y afectando de manera directa en los indicadores económicos y en la relación beneficio costo establecida.

#### **2.5.5.1. Plagas de mayor importancia.**

##### **Trips (*Frankliniella occidentalis*)**

Estos insectos poseen un aparato bucal raspador chupador, sus daños directos se producen por la alimentación de larvas y adultos, sobre todo en el envés de las hojas. El daño indirecto que genera en los cultivos es el que tiene mayor importancia, pues al ser portadores de parásitos obligados, estos son transmisores de virus, entre ellos el virus de la marchitez bronceada del tomate (TSWV), (Cabello, *et al.*, 1990).

##### **Gusano soldado (*Spodoptera spp*)**

El estado de pupa se lleva a cabo en el suelo y los adultos son palomillas de hábitos nocturnos y crepusculares, que depositan sus huevos en el envés de las hojas, para posteriormente convertirse en larvas, etapa en la cual se ocasiona el mayor daño sobre el cultivo, ya que estas tienden a alimentarse del follaje. Los daños ocasionados generalmente se pueden observar en el área foliar, y en ocasiones donde la plaga está avanzada, llegando a afectar los frutos (INIFAP, 2014).

### **Picudo del chile (*Anthonomus eugenii*)**

Es una de las plagas de mayor impacto en el cultivo de chile, afectando generalmente durante las etapas de floración y fructificación. Los huevos son depositados por las hembras en botones florales y frutos. El estado larval de la plaga se alimenta de las semillas, manifestando sus daños con el debilitamiento y caída de frutos, ocasionando un menor número de frutos por planta, y, en consecuencia, afectando el rendimiento del cultivo, (Bautista, *et al.*, 2020).

### **Pulgón verde (*Myzus persicae*)**

Tanto los adultos como las ninfas viven en colonias situadas en el envés de las hojas terminales y en los brotes. En circunstancias de una alta infestación, invaden las hojas más maduras. Poseen un aparato bucal tipo chupador picador, que al alimentarse succionan savia e inyectan sustancias tóxicas que provoca arrugamiento de las hojas, reducción del tamaño de la planta y caída de botones florales, esto debido a la infección por transmisión que se le genera.

Durante el proceso de su alimentación, realizan la secreción de diversas sustancias azucaradas entre las cuales se encuentra la fumagina. Por otro lado, es considerado como el vector más importante a nivel mundial, ya que es transmisor de más de 100 virus, entre los cuales se encuentra el Virus mosaico del pepino (CMV) y el Virus mosaico de la alfalfa (AMV), (D. B-, 2020).

### **Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)**

Las condiciones secas del ambiente son adecuadas para la manifestación de esta plaga. Al ser una especie transmisora, los daños directos son ocasionados por las ninfas y adultos que mediante su alimentación absorben la savia de las hojas, ocasionando un amarillamiento progresivo y el debilitamiento de la planta. Los daños indirectos se deben a la gran secreción de mielecilla, en la cual se desarrolla el hongo

*Cladosporium sp.* También nombrada roña de las cucurbitáceas, el cual cubre hojas y frutos que disminuye la calidad de la cosecha. Ambos tipos de daño se vuelven importantes cuando los niveles de población son muy elevados, (INIFAP, 2008).

#### **2.5.5.2. Enfermedades de mayor importancia del cultivo**

##### **Marchitez (*Fusarium oxysporum*)**

La infección por el hongo se da cuando penetra a la planta por lesiones causadas por nematodos en las raíces o por la formación de raíces secundarias. Se propaga entonces por la parte leñosa de la planta y se transporta mediante los tejidos conductores hasta los pecíolos y las hojas. El motivo principal del marchitamiento se debe a que el hongo tapa los vasos conductores de las plantas, por ende, la alimentación y recepción de agua y minerales no se da de forma adecuada en la planta, (Martínez, 2014).

##### **Tizón temprano (*Alternaria spp.*)**

Los daños generados por tizón se presentan mediante lesiones de forma circular en las cuales se observan anillos concéntricos en las hojas, tallos y frutos, dichas lesiones se tornan de una coloración café oscuro rodeadas de una coloración amarillenta, con el transcurso del tiempo y el progreso de la enfermedad las hojas dañadas llegan a caer ocasionando la defoliación de la planta, que trae como consecuencia la reducción de los procesos metabólicos, generando un decremento en el desarrollo de la planta y problemas morfológicos en los frutos por sobreexposición a la luz solar y la falta de reservas energéticas para completar su crecimiento y maduración fisiológica de manera adecuada. (Chew, *et al.*, 2006).

##### **Secadera del Chile (*Phytophthora capsici*)**

El patógeno *Phytophthora*, generado a través de una serie de ataques sistemáticos a las raíces, puede provocar podredumbres en el cuello, causado una brusca marchitez,

sin presentar una clorosis previa de las plantas en cualquier estado de desarrollo, que terminan por morir en un periodo de tiempo corto.

Las plantas enfermas reflejan una banda parda oscura que termina por asfixiar el cuello de la raíz, debido a lo cual se marchitan y mueren. En las hojas y en las ramas también se presentan lesiones que son parecidas a las de daño por tizón. El daño en el fruto se manifiesta con manchas acuosas cubiertas por el micelio del hongo, afectando de forma secundaria también a la semilla de estos frutos, ocasionando la pudrición de las semillas que a su vez se encuentran con una cobertura del micelio. El mayor daño ocurre cuando afecta las raíces y tallo, lo cual acontece en la época de floración, donde la planta rápidamente se marchita y seca (INIFAP, 2008).

#### **Cenicilla (*Leveillula taurica*).**

Una de las características de este hongo, es que realiza un periodo de hibernación, el cual se lleva a cabo en los restos de cultivo y en las malezas alternas. El daño producido, principalmente se observa en las hojas inferiores, el hongo produce pequeñas manchas de color blanco de apariencia polvosa compuesta de esporas que emergen de las estructuras del hongo. La falta de follaje impide el desarrollo normal de la planta ocasionando debilidad y menos capacidad para su producción, (Chew, et al., 2006).

#### **Marchitez o pudrición de raíz (*Rhizoctonia solani*)**

parte del complejo de hongos que provocan el "Damping off", o caída de plántulas como consecuencia del estrangulamiento y necrosis del tallo a nivel de cuello en plantas recién emergidas. En plantas adultas los síntomas se caracterizan por presentar lesiones cóncavas de color pardo rojizo que aparecen en el tallo y en la raíz principal, INIFA, 2014).

### **Ahogadera o secadera (*Damping-off*)**

Esta enfermedad es provocada por varios géneros de hongos que son considerados como habitantes naturales del suelo y algunos de estos pueden ser también localizados como contaminantes externos o dentro de la semilla. Entre los más comunes se encuentra *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., también se ha reportado la presencia de patógenos como *Alternaria* spp., y el género *Pseudomonas* spp., (INIFA“P., 2014).

### **2.5.6. Fertilización.**

La aplicación de fertilizantes es un factor determinante para la producción y rendimiento del cultivo, aunque este tipo de práctica dependerá y estará limitada significativamente por la fertilidad del suelo, el contenido de sales en el agua de riego y el estado fenológico que se encuentren las plantas. El chile serrano es una planta moderadamente demandante en fertilizantes, mayormente en las etapas de floración y fructificación. La selección de fertilizantes a aplicar se establece de acuerdo con la fase que se encuentre el cultivo y a las deficiencias que se presentan, (Álvarez y Pino, 2018).

### **2.6. ¿Qué es la nutrición vegetal?**

La nutrición vegetal es un factor estrechamente relacionado a disciplinas como la ciencia del suelo (edafología), la fisiología y bioquímica vegetal. Consiste en el suministro de los elementos o nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de una planta, ya que la absorción de dichos elementos es indispensable para que la planta lleve a cabo sus procesos metabólicos de manera correcta.

Arnon y Stout (1939), señalan los elementos son indispensables para el desarrollo de las plantas, (Cuadro 2.1.).

## 2.7. Adsorción y absorción de nutrientes del suelo a la planta.

La fertilidad del suelo está definida por la cantidad de elementos que se encuentran adheridos a sus partículas, no obstante, la planta solo puede absorber a aquellos que son fácilmente intercambiables. Es por este factor que se llevan a cabo las prácticas de nutrición o fertilización de suelos, para abastecer la exigencia que demande la planta.

**Cuadro 2.1. Elementos indispensables para el desarrollo de las plantas.**

SÍMBOLO	ELEMENTO	SÍMBOLO	ELEMENTO
Carbono	C	Manganeso	Mn
HIDRÓGENO	H	Cobre	Cu
OXÍGENO	O	Zinc	Zn
Nitrógeno	N	Boro	B
FÓSFORO	P	Cloro	Cl
Potasio	K	Sodio	Na
Calcio	Ca	Silicio	Si
Magnesio	Mg	Cobalto	Co
Azufre	S	Molibdeno	Mo
Hierro	Fe		

## 2.8. Los nutrientes intercambiables.

En la estructura del suelo se encuentra una numerosa cantidad de partículas, que son las responsables de la carga y fertilidad de este, entre estas se encuentran las de carga negativa, que suelen ser las más pequeñas, con la capacidad de retener cationes, y las de carga positiva capaz de retener aniones.

Los cationes que se encuentran con mayor regularidad en el suelo son,  $H^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  y  $Al^3$ . Así mismo, están presentes el  $NH_4^+$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  y  $Cu^{2+}$ , solo que estos están disponibles en pequeñas cantidades. Los cationes antes mencionados, son adheridos a las partículas del suelo como los son las arcillas, las cuales realizan un equilibrio con la solución del suelo actuando como una reserva nutrimental para

reponer elementos absorbidos por la planta, o que a su vez fueron lixiviados desde la zona radical, (Hernández, 2022).

## **2.9. Función de los nutrientes en el desarrollo de la planta.**

### **El Nitrógeno (N)**

Las formas de asimilación de este elemento son el ion nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y el ion amonio ( $\text{NH}_4$ ), es el motor del crecimiento vegetativo de la planta. Este elemento es parte esencial de la molécula de la clorofila, y está relacionado con la síntesis de proteínas y aminoácidos. El conocimiento actual del metabolismo vegetal permite asegurar que el nitrógeno absorbido bajo la forma de nitratos no puede ser utilizado por la planta. Para ello, tiene que pasar por procesos de reducción hasta encontrarse en su forma amónica, (Gonzales, 2013).

Un indicador de la escasez de este elemento en la planta se presenta mediante una reducción en el crecimiento, clorosis en hojas viejas y debilitamiento general de la planta, en casos muy avanzados llegan a producir la muerte de tejidos y caída de las hojas, (Salas, 2003).

### **Fósforo (P)**

El fósforo tiene influencia en los procesos fisiológicos de la planta, como lo son la respiración oxidativa, asimilación de carbono, nitrógeno y en la acción de fosforilación en el proceso de fotosíntesis, (Tenorio, 2019).

Tiene influencia en la producción y desarrollo de la zona radicular, por lo que su presencia es indispensable para los procesos de absorción y adsorción de elementos. También es un componente de los nucleótidos utilizados en el metabolismo energético vegetal (como el ATP). Sus formas de asimilación son bajo las formas de iones  $\text{H}_2\text{PO}_4$  (monovalente, y divalente en menor proporción) que se encuentran presentes en la solución del suelo. La solubilidad de estos dos iones estará delimitada por el pH, (Gonzales, 2013).

La carencia de este elemento se manifiesta con una coloración verde oscuro en la parte foliar superior, y coloración púrpura en las hojas inferiores de la planta, (Romero, 2013)

### **Potasio (K)**

El potasio está involucrado en la estabilidad del estado hídrico de la planta, en la presión de turgencia de sus células e interviene en la apertura y cierre de estomas. Incrementan el potencial osmótico e influye favorablemente el cierre estomático, así mismo, tiene influencia en la síntesis y translocación de proteínas en la planta, (Gómez, 2015). En los tejidos jóvenes el potasio es indispensable para obtener una turgencia celular óptima, y también actúa en la estabilización de su pH, contrarrestando la carga negativa de los ácidos orgánicos y aniones inorgánicos, (Sixtos, 2019).

La deficiencia de potasio genera disturbios en el metabolismo, síntesis y translocación de proteínas en la planta, generando un incremento de nitrógeno en forma de aminoácidos y disminuyendo la cantidad de reservas energéticas en tallos y hojas, (Romero, 2013).

### **Calcio (Ca)**

Está ligado directamente en la formación de pectatos de calcio, lo que lo vuelve esencial para fortalecer las paredes celulares y los tejidos de la planta, generando un mayor vigor, además tiene influencia en la división y alargamiento celular, (Vazquez, 2019). Debido a que es un componente estructural de la membrana y pared celular, la deficiencia de Ca puede desarrollar síntomas como achaparramiento y necrosis en los puntos de crecimiento, y puede desarrollar susceptibilidad al ataque de patógenos que pueden causar pudriciones apicales, (López, 2008).

## **Magnesio (Mg)**

Es el elemento principal en la molécula de la clorofila, también participa en la síntesis de xantofilas y carotenos, activador y cofactor de una serie de enzimas relacionadas con el metabolismo de carbohidratos y proteínas. Además, es el elemento principal en el proceso de la fotosíntesis, (González, 2019). Los síntomas de carencia de magnesio se presentan en hojas viejas con una clorosis marginal que va del amarillo al naranja, mientras que las nervaduras de la hoja mantienen su color verde oscuro, (Vázquez, 2019).

## **Azufre (S)**

El azufre es constituyente de enzimas, coenzimas y vitaminas que participan en el metabolismo de azúcares, grasas y proteínas. Contribuye en el proceso de formación de clorofila y está presente en los compuestos orgánicos de la planta. La carencia de azufre se presenta con un decremento en el desarrollo de las plantas, debido a que la falta de este elemento impide la formación adecuada de proteínas. El follaje adquiere un color verde pálido que se expande por toda la planta seguido de una clorosis y marchitez, (Vazquez, 2019)).

## **Boro (B)**

La función de este elemento está relacionada con el Ca, pues en conjunto con este actúan directamente en la formación de paredes celulares. La disposición de este elemento es muy importante en la nutrición y desarrollo de las plantas, por su acción en la elongación del tubo polínico y germinación de polen, de igual forma, este elemento es encargado de realizar actividades de transporte de azúcares a través de las membranas celulares, (Tenorio, 2019).

Las deficiencias de boro se observan con afectación en el desarrollo de la superficie foliar, principalmente en las zonas de crecimiento, baja la concentración de clorofila y la cantidad de enzimas antioxidantes, (Hernández, 2022).

## **Fierro (Fe)**

El Fe es un elemento que cataliza la formación de clorofila y actúa como transportador del O<sub>2</sub>. También tiene participación en los procesos de oxido-reducción, especialmente en mitocondrias y cloroplastos, los cuales contienen el 80 % del hierro total de la planta, (Salas, 2003).

La insuficiencia de Fe se manifiesta con la disminución del crecimiento de la planta, en hojas jóvenes mediante una clorosis verde amarilla, mientras que las venas permanecen verdes desarrollando un agudo contraste, (Salas, 2019).

## **Manganeso (Mn)**

El Mn tiene una función muy importante en los procesos de oxidación y reducción (redox), que ocurren a nivel fisiológico en la planta.

Actúa como activador enzimático en la respiración y en el metabolismo del nitrógeno. Además, cumple un papel estructural en los cloroplastos. Los síntomas de deficiencia de Mn consisten en la formación de manchas necróticas sobre las hojas, (Salas, 2019).

## **Zinc (Zn)**

Es indispensable para la producción de sustancias reguladoras del crecimiento (hormonas) y es un catalizador de las reacciones de oxidación en las plantas verdes. Es también importante en la formación de clorofila y en la actividad fotosintética. El papel fisiológico más importante del Zn es la síntesis de auxinas y de este modo es esencial para la elongación de las células y su crecimiento, (López, 2008).

El zinc participa en la síntesis del triptófano, aminoácido involucrado en la producción de ácido indolacético, auxina natural que ayuda al enraizamiento de las plantas, encargado de controlar la elongación y diferenciación celular, por ende, el crecimiento de los tallos y hojas, por lo que una deficiencia de este elemento traería como

consecuencia el crecimiento lento de los cultivos, por un pobre crecimiento del sistema radical. El zinc participa con las enzimas para generar fitoalexinas y aumentar el mecanismo de defensa de las plantas a factores de estrés biótico y abiótico, que pueden ser provocadas o inducidas por cambios ambientales, (Amezcuca G & Lara F, 2017)

Síntomas típicos de carencia de este elemento son, hojas moteadas con áreas cloróticas irregulares, hojas que presentan clorosis intervenal y pigmentaciones púrpuras.

### **Cobre (Cu)**

Está ligado a diversas enzimas que produce la planta actúa como un activador enzimático y forma parte del grupo prostético. Dentro de las enzimas formadas por el cobre se encuentra, lactasa, ácido aspártica oxidasa. Participa en la estructura de los cloroplastos y en la síntesis de clorofila y proteínas. Formación de polen y semillas con mayor viabilidad, y resistencia al estrés, (Pérez, 2015).

Al ser un elemento de poca movilidad, su deficiencia se puede observar en las hojas jóvenes, provocando un menor crecimiento y la muerte de meristemos apicales. La formación de órganos reproductores no se lleva a cabo correctamente debido a la carencia de este elemento, (Hernández, 2022).

### III.MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del sitio experimental.

Este trabajo experimental se realizó del día 15 de mayo al 24 de agosto de 2022, en el área de campo ubicada dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en la parte trasera del edificio La Gloria, en la Col. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Geográficamente se encuentra localizada en las siguientes coordenadas: 25° 35'26" latitud Norte 101°03'19" latitud Oeste, con una altura de 1,783 msnm.



**Figura 3.1. Sitio del experimento (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila.**

### 3.2 Características del sitio experimental.

Las condiciones del suelo donde se realizó la investigación poseen una textura migajón-arcillosa, con un alto contenido de carbonato de calcio y presenta niveles aceptables de materia orgánica. Se realizó un análisis de fertilidad de suelo físico-químico (Cuadro 3.1), con una muestra de suelo, que fue tomada de un perfil de 30 cm usando el método cinco de oros, para la obtención de la muestra de suelo en cinco puntos.

**Cuadro 3.1 Resultado del análisis de fertilidad de suelo.**

<b>Determinación</b>	<b>Resultado</b>
Textura	Franco – Arcilloso
Densidad	1.09 g/cm <sup>3</sup>
pH	8.52
C.E.	1 d/Sm
Carbonatos Totales	59%
C.C.	25.5%
P. M. P.	15.2%
M. O.	4.03%
<b>Determinación</b>	<b>Resultado</b>
N-NO <sub>3</sub>	29.9 ppm
P-Olsen	99.8 ppm
K	599 ppm
Ca	3718 ppm
Mg	309 ppm
S	1.54 ppm
B	0.97 ppm
Fe	1.98 ppm
Mn	1.14 ppm
Zn	6.37 ppm
Cu	1.26 ppm

### 3.3. Material Genético.

Se utilizó para el trabajo, la variedad híbrida de Chile Serrano (Plata), de la empresa CapGen Seeds, liberada en 2013 y que rápidamente se ha posesionado en la preferencia del productor, debido a su amplia adaptabilidad en las principales zonas productoras de serranos en el país.

El híbrido plata, es una variedad muy precoz con una planta fuerte, medianamente vigorosa, con una excelente cobertura foliar, la cual cuenta con la combinación ideal de precocidad y set continuo de frutos uniformes.

#### **3.4. Establecimiento del cultivo.**

La preparación de suelo se realizó de forma mecánica, el primer trabajo consistió en un paso de arado a una profundidad de 30 cm sobre la superficie, posteriormente se empleó una labor de rastra con el objetivo de eliminar terrones grandes que quedaron por la primera actividad realizada, esto permite acondicionar la cama de siembra y facilitar el manejo del suelo. Para finalizar, se surco a 90 cm de ancho y se necesitaron 30 m lineales de esté para el trasplante de las plántulas. El sistema de riego se estableció mediante el uso de cintilla para riego por goteo de la marca Toro ® con 16 mm de grosor calibre 5000, con emisores ubicados cada 15 cm a lo largo del surco. Se colocó acolchado negro-plata, para cubrir los surcos, donde se obtuvieron una serie de beneficios como fueron:

- Ahorro de agua, ya que se aplicó de manera localizada en la zona radicular de las plantas.
- Se evitó el crecimiento de malezas, y así mismo disminuir las prácticas enfocadas a esta actividad y reducir la práctica de deshierbe.
- Hubo una mejor eficacia manejo y eficiencia de la luz solar, al colocar el lado de color gris hacia el exterior, ya que este genera menor calentamiento respecto al suelo, debido a que el experimento fue establecido durante épocas de alta radiación solar, evitando de esta manera también el daño en los tejidos de la planta que estuviesen en contacto directo con él, permitiendo aumentar la actividad fotosintética ya que este refleja un porcentaje de luz hacia las plantas.
- Se disminuyó la pérdida de agua por evaporación en las épocas cálidas con gran incidencia de calor y radiación, pues permite mantener la humedad por tiempos más prolongados en el suelo.

- Se aprovechó eficiente del intercambio de gases que existe en el suelo, hacia el ambiente, en el cual interviene el CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en los procesos de respiración. Permitiendo el beneficio de la planta durante el paso de estos gases a través de su área foliar.

El agua utilizada para el riego se suministró de una tubería principal de PVC de 1 ¼" que era abastecida por una toma de agua de ½".

#### **3.4.1 Trasplante.**

Se realizó el día 17 de mayo de 2022, consistió en realizar un riego de acondicionamiento sobrepasando ligeramente su nivel de capacidad de campo, con la finalidad de facilitar dicha actividad, permitir el acondicionamiento de raíz y disminuir el riesgo de pérdida de estas al momento del trasplante, procurando realizar un trasplante no mayor a la longitud del cepellón para prevenir el desarrollo de enfermedades que se generan al momento de que el tallo esté en contacto con la humedad del suelo, seguido por una aplicación de un fungicida como preventivo para enfermedades por daños de agentes bióticos y abióticos.

#### **3.4.2. Manejo sanitario.**

Durante el desarrollo del experimento, se realizaron aplicaciones preventivas de fungicidas e insecticidas para la prevención y control de plagas y enfermedades de mayor importancia en el cultivo, tomando en cuenta el daño que genera, etapa fenológica del cultivo y estadio de desarrollo de la plaga o enfermedad, es decir, que las aplicaciones se realizaron con un periodo de anticipación a la etapa susceptible de la planta y a su vez, a el periodo en el que se presentaran las condiciones favorables para el desarrollo de patógenos y ataque de insectos plaga.

Para control de plagas, se utilizaron los productos: clorpirifos, oxamil, fipronil e imidacloprid. En el manejo preventivo de enfermedades se emplean los productos: mancozeb, zineb, captan 50, con usos alternados, para la prevención de resistencia

por parte de los patógenos, considerando el modo de acción, la residualidad de cada producto y la etapa de crecimiento del cultivo.

### **3.4.3. Riegos.**

El manejo del riego se llevó a cabo mediante monitoreos de la humedad en el suelo, de acuerdo con la etapa fisiológica del cultivo, considerando posibles variables de estrés hídrico, cuidando que los riegos no sobrepasaran más allá de la capacidad de campo, pero que permitiera mantener un buen nivel de acuerdo con la retención de humedad en el suelo, para una eficiente absorción de nutrientes por la planta.

### **3.4.4. Manejo nutricional.**

La fertilización se realizó de acuerdo con un programa de fertirriego establecido conforme a los tratamientos, con aplicaciones una vez por semana, la primera aplicación se llevó a cabo 8 días después del trasplante, posterior a un periodo de arraigamiento y adaptación natural de las raíces de la planta en el suelo.

La nutrición se manejó en base a los resultados de la interpretación del análisis de fertilidad de suelo, los requerimientos específicos de fertilidad de la especie y de los factores a evaluar.

Para el manejo de los tratamientos, se elaboraron 3 soluciones madre para cada fertilizante, en cada solución madre se establecieron diferentes niveles de fertilidad en elementos menores:

- Solución 1: Elementos menores con niveles de fertilidad bajos.
- Solución 2: Elementos menores con niveles de fertilidad medios.
- Solución 3: Elementos menores con niveles de fertilidad altos.

A su vez, para emplear las diferentes capacidades de extracción, se tomó de base, los datos de los cálculos de nutrición para la capacidad de extracción de fertilizante de 2,500 Kg/Ha/año, se utilizó una alta densidad de plantación de 44,448 plantas/Ha, manejado surcos a 90 cm de ancho con pasillos de 90 cm y distancia

entre plantas de 25 cm, obteniendo un requerimiento expresado en g/planta/semana.

Cada solución madre se preparó 100 veces concentrada y se expresó que, al extraer por separado de la solución madre de cada uno de los fertilizantes, 6 cc lo equivalente al 60%, 8 cc que equivale a 80% y 10 cc equivalente al 100%, y aplicarlo a cada unidad experimental correspondiente, se obtiene una capacidad de extracción de 1,500 Kg fertilizante/Ha/año, 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año y 2,500 Kg de fertilizante/Ha/año respectivamente.

La aplicación, consistió en extraer con ayuda de una jeringa las dosis calculadas de las soluciones madre, después se disolvió en un 1.5 litros de agua, para así poder suministrar a cada tratamiento de la unidad experimental, asegurando que el producto llegara a la zona radicular. Para abastecer las soluciones madre, se utilizaron las siguientes sales minerales:

- Urea (46-00-00).
- Ácido Sulfúrico (32%), D=1.7 g/cc, Pureza 98%.
- Bórax (11.34%).
- Sulfato de Hierro (21%), S (11.7%).
- Sulfato de Manganeso (32%), S (19%).
- Sulfato de Cobre (25.5%), S (12.8%).

### 3.4.5. Preparación de las soluciones madre.

En el cuadro (3.2), se muestran los niveles de fertilidad de elementos mayores y menores utilizados durante el experimento.

**Cuadro 3.2. Niveles de fertilidad de elementos (ppm).**

Niveles de Fertilidad	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu	Factor
Bajos	80	50	100	2500	100	35	1.2	10	5	3	1.5	A1
Medios	=	=	=	=	=	=	=	15	8	4	2	A2
Altos	=	=	=	=	=	=	=	20	10	5	2.5	A3

### 3.4.6. Tratamientos evaluados.

El Cuadro 3.3. describe cada uno de los tratamientos utilizados en el trabajo de investigación, donde muestra la combinación de los factores, así como la descripción de los mismos.

**Cuadro 3.3. Descripción de relación de tratamientos.**

<b>Número de Tratamiento</b>	<b>Combinación de factores</b>	<b>Descripción de los tratamientos</b>
1	A1B1	Niveles de fertilidad de elementos menores en concentraciones bajas, con capacidad de extracción de 1500 Kg.
2	A1B2	Niveles de fertilidad de elementos menores en concentraciones bajas, con capacidad de extracción de 2000 Kg.
3	A1B3	Niveles de fertilidad de elementos menores en concentraciones bajas, con capacidad de extracción de 2500 Kg.
4	A2B1	Niveles de fertilidad de elementos menores en concentraciones medias, con capacidad de extracción de 1500 Kg.
5	A2B2	Niveles de fertilidad de elementos menores en concentraciones medias, con capacidad de extracción de 2000 Kg.
6	A2B3	Niveles de fertilidad de elementos menores en concentraciones medias, con capacidad de extracción de 2500 Kg.
7	A3B1	Niveles de fertilidad de elementos menores en concentraciones altas, con capacidad de extracción de 1500 Kg.
8	A3B2	Niveles de fertilidad de elementos menores en concentraciones altas, con capacidad de extracción de 2000 Kg.
9	A3B3	Niveles de fertilidad de elementos menores en concentraciones altas, con capacidad de extracción de 2500 Kg.

El Cuadro 3.4., muestra cuales y la cantidad utilizada en cada una de las soluciones madre que se utilizaron en la experimentación.

**Cuadro 3.4 Cantidad de fertilizantes utilizadas por litro de solución madre de cada fertilizante.**

Fertilizantes	g/l de solución		
	SM1	SM2	SM3
Urea	47.49 g	44.10 g	41.24 g
Ácido Sulfúrico	21.19 cc	16.14 cc	12.80 cc
Bórax	1.17 g	1.08 g	1.01 g
Sulfato de Fierro	17.02 g	25.17 g	32.30 g
Sulfato de Manganeso	5.38 g	8.84 g	10.42 g
Sulfato de cobre	0.52 g	0.96 g	1.80 g

Después de realizar los cálculos de nutrición, de acuerdo con el análisis de fertilidad de suelo, se procedió a realizar las soluciones madre para extraer la cantidad en ml necesarios para cada tratamiento.

### 3.4.7. Descripción de factores.

En esta investigación se trabajaron dos factores, A\*B, que corresponden respectivamente a niveles de elementos menores y capacidad de extracción de fertilizante Kg/Ha/Año.

#### Factor A (niveles de fertilidad de elementos menores).

- A1= Niveles bajos de elementos menores en ppm.
- A2= Niveles medios de elementos menores en ppm.
- A3= Niveles altos de elementos menores en ppm.

#### Factor B (capacidad de extracción de fertilizante $\text{Kg}^{-1} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{Año}^{-1}$ ).

- B1= 1500 Kg de fertilizante/Ha/Año
- B2= 2000 Kg de fertilizante/Ha/Año
- B3= 2500 Kg de fertilizante/Ha/Año

#### **3.4.8. Diseño estadístico.**

El experimento fue establecido bajo condiciones de campo abierto, y tomando en cuenta que se tenían ambientes heterogéneos, se realizó un diseño de bloques al azar con un arreglo factorial A\*B (3X3), dando un total de 9 tratamientos con tres repeticiones cada uno, arrojando un total de 27 unidades experimentales y empleando un metro de surco por cada unidad experimental.

#### **3.4.9. Modelo estadístico.**

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + R_k + E_{ijk}$$

**Donde:**

$Y_{ijk}$  = Valor de la i-esima niveles de elementos menores, en concentraciones bajas, medias y altas, j-esima Capacidad de extracción de fertilizantes Kg/Ha/Año, k-esima repetición.

$\mu$  = Media general de tratamientos.

$\alpha_i$  = i-esimo nivel de fertilidad de elementos menores.

$\beta_j$  = j-esima capacidad de extracción de fertilizantes en Kg/Ha/Año.

$\alpha\beta_{ij}$  = Interacción de los niveles de fertilidad de elementos menores, con las capacidades de extracción.

$R_k$  = k-esimo nivel de las repeticiones.

$E_{ijk}$  = Error experimental.

#### **3.4.10. Variables evaluadas y forma de medición.**

Se eligieron 6 plantas al azar por tratamiento, y posteriormente fueron registrados los datos de cada variable. Se realizaron tres tomas de datos para cada variable, distribuidas por tres cosechas, condicionadas al estado de desarrollo completo y crecimiento del fruto o madurez fisiológica.

### **Diámetro Polar de Fruto (DP).**

El diámetro polar de fruto se obtuvo mediante la utilización de un vernier, y los datos se registraron en centímetros, se tomaron las longitudes de cada fruto desde la base del pedúnculo hasta el ápice del fruto, para esta variable se midieron un número determinado de frutos, con los que se obtuvo un valor medio que fue el dato que se sometió a evaluación.

### **Diámetro Ecuatorial de Fruto (DE).**

El diámetro ecuatorial se obtuvo con la ayuda de un vernier, midiendo de manera perpendicular a su eje pedúncular y registrando sus datos en cm, se midieron un número determinado de frutos, con los que se obtuvo un valor medio que fue el dato que se sometió a evaluación.

### **Peso de Fruto (P).**

Los datos de esta variable se obtuvieron con ayuda de una báscula, en la que fueron pesados cada uno de los frutos de manera individual, y registrados sus datos en g, se midieron un número determinado de frutos, con los que se obtuvo un valor medio que fue el dato que se sometió a evaluación.

### **Frutos por Planta (FP).**

Para obtener los datos de esta variable, se llevó a cabo un conteo del total de frutos que generaron las plantas evaluadas en cada tratamiento, así como sus repeticiones, durante su ciclo productivo, y posteriormente se obtuvo un valor medio, dato que se sometió a evaluación.

**Rendimiento (t/Ha).**

El rendimiento por hectárea, se obtuvo del valor medio del número de frutos por planta y el peso promedio de frutos, arrojando un valor medio de rendimiento en g/planta en cada tratamiento, dato el que fue sometido a evaluación.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los muestreos para cada una de las variables evaluadas durante el experimento se presentan a continuación. Se realizó una comparación de medias mediante la prueba Tukey (P=0.05).

**Cuadro 4.1. Concentración de cuadrados medios de las variables evaluadas en Chile Serrano.**

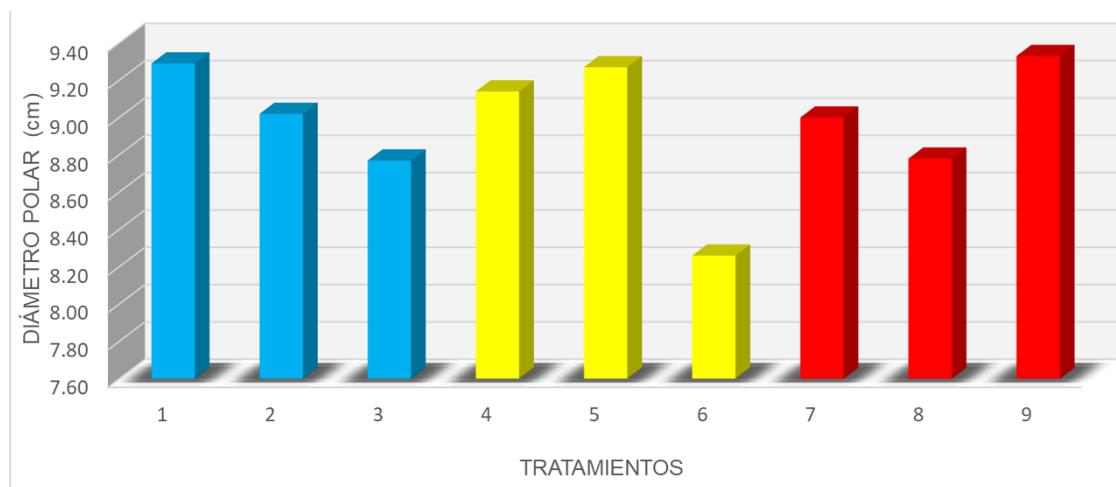
FV	GL	DP	DE	PF	FP
A	2	0.126 NS	0.003 <sup>NS</sup>	3.314 <sup>NS</sup>	266.889 <sup>NS</sup>
B	2	0.593 NS	0.003 <sup>NS</sup>	0.640 <sup>NS</sup>	54.222 <sup>NS</sup>
A*B	4	2.108 NS	0.031 <sup>NS</sup>	15.535 <sup>NS</sup>	540.889 <sup>NS</sup>
Error	18	5.648	0.104	44.387	2070.667
Total	26	8.476	0.141	63.876	2932.667
<b>C.V. (%)</b>		6.235	3.784	10.895	38.004

FV= Fuentes de Variación, GL= Grados de Libertad, DP= Diámetro Polar, DE=Diámetro Ecuatorial, PF= Peso de Fruto, FP=Frutos por Planta, NS= No significativo, \*\*=Altamente significativo, \*=Significativo, Tukey (P=0.05).

### 4.1. Diámetro Polar (DP).

El diámetro polar es una característica fenotípica que influye directamente sobre las preferencias del público consumidor; este prefiere frutos largos sobre frutos cortos, e incluso, es posible que, si en el anaquel se tienen frutos largos y cortos, el comprador prefiera los frutos largos que los frutos cortos, estas preferencias tienen ciertos regionalismos, ya que en algunas regiones prefieren los frutos cortos que los frutos largos, como sucede en el sur de la república mexicana.

Esta variable guarda una relación directa entre el largo y el rendimiento, debido a que con frutos largos se requieren menor número de frutos para completar un kilogramo, mientras que con frutos cortos se requiere mayor número de frutos por kilo. Es importante influir en el incremento de los valores de diámetro polar de fruto mediante el manejo de nutrición completa o el acercamiento máximo a ella que permita obtención de mejores resultados, otro factor importante que se debe considerar es el intervalo de riegos con la finalidad de mantener la humedad suficiente en el suelo, que permita eficientizar la absorción de elementos por las raíces de la planta.

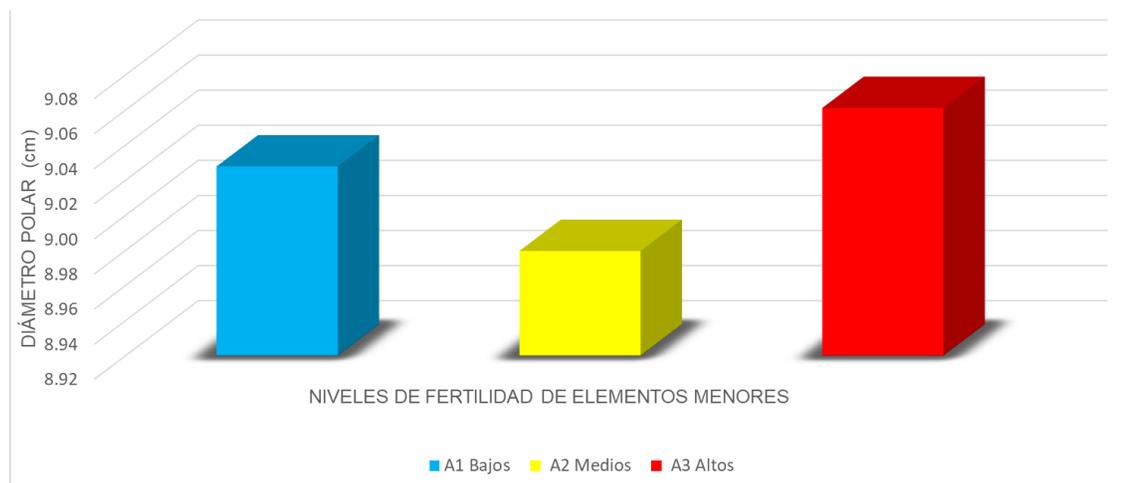


**Figura 4.1. Comportamiento de los tratamientos a la aplicación de niveles de fertilidad de elementos menores y al uso de capacidades de extracción, para la variable Diámetro Polar (DP).**

Al analizar el comportamiento de los tratamientos evaluados, se pudo observar que, al manejar niveles de fertilidad de elementos menores en concentraciones bajas, los resultados más favorables se presentan cuando se hace el uso de una capacidad de extracción de 1,500 Kg de fertilizante/Ha/año (T1), y que, al momento de aumentar la capacidad de extracción a 2,000 Kg y 2,500 Kg, se genera un decremento de manera porcentual, aunque este es reducido.

Al medir los niveles de fertilidad de elementos menores en concentraciones medias, se encontró que hubo un comportamiento similar al de los niveles de fertilidad bajos, solo que este se expresó mejor con el uso de capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año (T5), pero que a su vez estaba aún, por debajo del T1 en un 0.22%. Para el caso de los niveles de fertilidad altos de elementos menores, los mejores resultados se encontraron al asociarse con una capacidad de 2,500 Kg de fertilizante/Ha/año (T9). A pesar de esto, no se origina una diferencia significativa, ya que solo rebasa en un 0.43% a los resultados del T1(niveles de fertilidad de elementos menores bajos con una capacidad de extracción de 1,500 Kg de fertilizante/Ha/año).

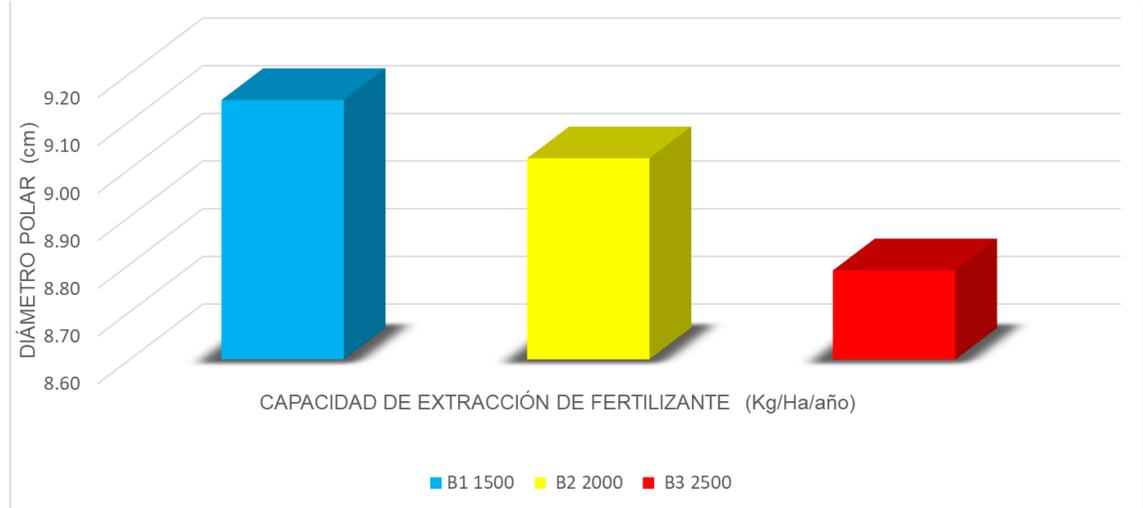
Una vez analizados dichos comportamientos, se puede expresar que no es necesario el implemento de niveles de fertilidad altos de elementos menores para favorecer el desarrollo de esta variable ya que con niveles de fertilidad bajos, se obtienen resultados semejantes. También cabe señalar que el manejo de niveles de fertilidad de elementos menores en niveles bajos es suficiente para obtener buenos resultados, y que al aumentar sus niveles de fertilidad la cantidad de fertilizante será en consecuencia más elevada, las cuales no son necesarias. En casos en los que se cuente con suelos de características sumamente pobres en los niveles de fertilidad, se podrá manejar como máximo una capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año, ya que el uso de altas capacidades de extracción de fertilizante genera un incremento en los costos de producción del cultivo, lo que no será recompensado al momento de la cosecha al productor.



**Figura 4.2. Respuesta del cultivo de Chile Serrano a los niveles de fertilidad de elementos menores, para la variable Diámetro Polar, (DP).**

Al interpretar el análisis de varianza para el factor A (niveles de fertilidad de elementos menores), se encontró una respuesta estadística, no significativa, lo que indica que el manejo de niveles de fertilidad altos de elementos menores no favorece de manera significativa el incremento de esta variable. Además, estas acciones vienen acompañadas de costos de producción más elevados, debido a que cuando se manejan niveles de fertilidad altos, la cantidad de fertilizante que se utiliza es inevitablemente mayor, comparado con, cuando son empleados niveles de fertilidad bajos, con una cantidad menor en la aplicación de fertilizantes y en consecuencia un gasto más reducido en la inversión de capital. Al realizar una comparativa porcentual, se encontraron diferencias mínimas, razón principal de la no significancia estadística.

Al comparar el uso de niveles de fertilidad mínima de elementos menores como base, se encontró que el empleo de niveles de fertilidad medios es 0.55% menor, mientras que al manejar niveles de fertilidad altos, solo le supera en un 0.33% al nivel de fertilidad mínimo de elementos menores, estas diferencias mínimas positivas y negativas, indican que para mejorar las características de esta variable, no es necesario la aplicación de niveles de fertilidad altos, o bien que económicamente no lo justifica.



**Figura 4.3. Respuesta del cultivo de Chile Serrano a la capacidad de extracción de fertilizante Kg/Ha/año, para la variable Diámetro Polar, (DP).**

En el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), se encontró un nivel de significancia estadística, no significativa, lo que indica que el aplicar una mayor cantidad de fertilizantes, no necesariamente influirá en el incremento de esta variable e incluso la puede llegar a afectar, ya que cuando se aplican mayores cantidades de fertilizante, se incrementa en consecuencia los niveles de conductividad eléctrica en el suelo y con esto un incremento en la condición de estrés en las plantas con resultados adversos a los esperados.

Al realizar una comparación porcentual entre los comportamientos de capacidad de extracción de fertilizantes para esta variable, se observó que al aplicar una capacidad de extracción de fertilizante mínima de 1500 Kg/Ha/año se obtienen los mejores resultados en cuanto a los valores de diámetro polar de fruto, y que, al aumentar gradualmente la capacidad de extracción de fertilizante, este comportamiento sufre un decremento paulatino. Pérez (2015), presentó resultados semejantes en el cultivo de chile habanero, mencionando que los mejores resultados en cuanto a los valores de diámetro polar de fruto los obtuvo

con una capacidad de extracción de fertilizante baja de 1,000 Kg/Ha/año, y que, al aumentar a capacidades de extracción de fertilizante mayores, estos valores sufren una reducción importante.

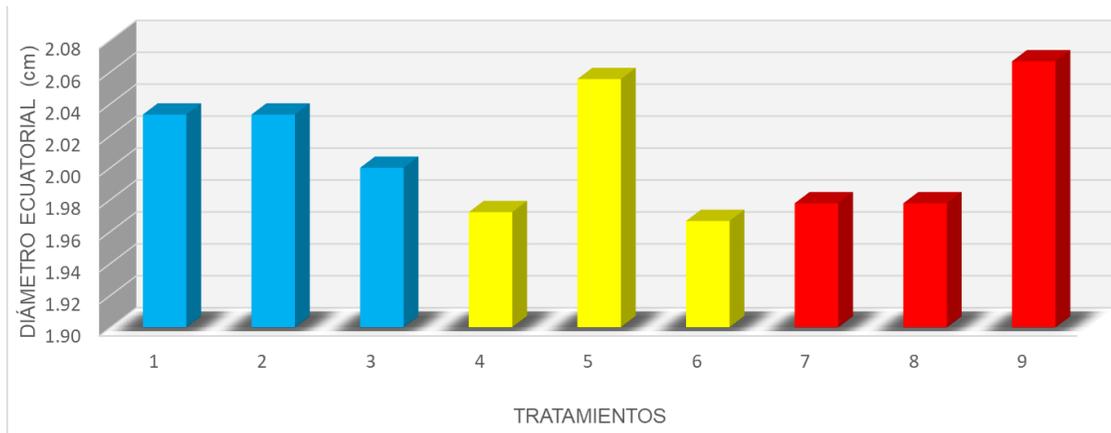
Estos resultados obtenidos presentan un acercamiento a los presentados por Vázquez (2019) en cultivo de zanahoria, que menciona que para la variable largo de zanahoria se obtienen resultados semejantes al manejar capacidades de extracción bajas de fertilizante en Kg/Ha/año, que si se utilizaran altas capacidades de extracción de fertilizante Kg/Ha/año.

Considerando los resultados obtenidos por Pérez en el (2015) y Vázquez en el (2019), se puede expresar que para la producción de frutos de calidad no se requiere de la aplicación excesiva de fertilizantes, que trae como efecto negativo un incremento importante en los costos de producción del cultivo, que afectan en consecuencia la economía del productor.

En la interacción del factor A (niveles de fertilidad en elementos menores) y el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), se encontró una respuesta estadística, no significativa, lo que indica que el comportamiento de ambos factores es independiente.

#### 4.2. Diámetro ecuatorial (DE).

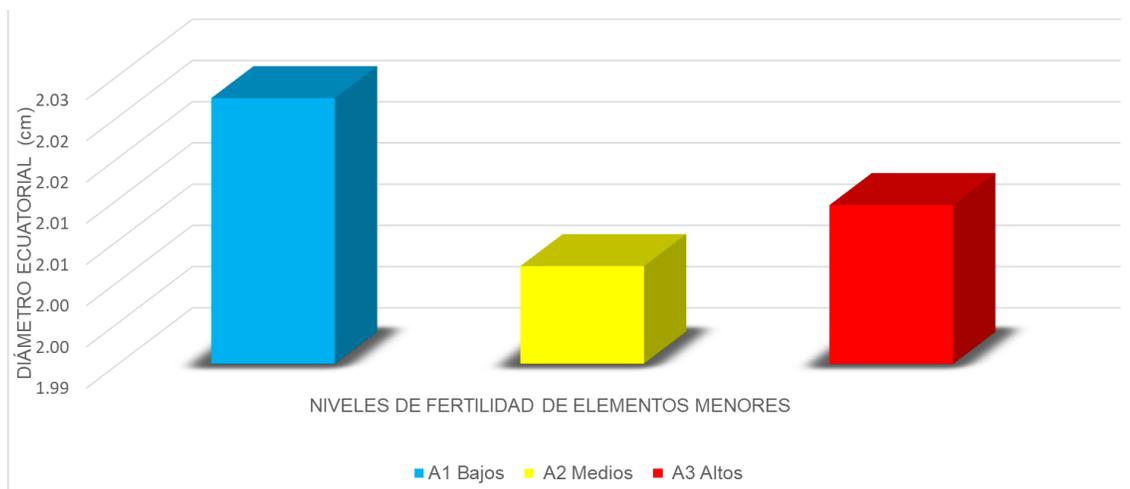
El diámetro ecuatorial, es un factor visual representativo de frutos vigorosos y de buena calidad, lo que resulta atractivo para el consumidor, generando la preferencia hacia los frutos con diámetros ecuatoriales de mayor valor al momento de su obtención y consumo, lo que genera una mayor movilidad y demanda dentro del mercado.



**Figura 4.4 Comportamiento de los tratamientos a la aplicación de niveles de fertilidad de elementos menores y al uso de capacidades de extracción, para la variable Diámetro Ecuatorial (DE).**

Después de evaluar el comportamiento de los tratamientos conforme a la variable diámetro ecuatorial (DE), se pudo observar que el manejo de niveles de fertilidad bajos de elementos menores, mostró el mismo comportamiento con la capacidad de extracción de 1,500 y 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año, y que al aumentar a la capacidad de extracción de 2,500 Kg de fertilizante/Ha/año, el rendimiento disminuye en un 1.48%.

Con respecto a los niveles de fertilidad medios de elementos menores, los mejores resultados se encontraron al asociarse con una capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año (T5), y que presenta un 1.5% mayor que el T1 y T2, a su vez, arrojó resultados semejantes a los obtenidos con el empleo de niveles de fertilidad altos de elementos menores con la asociación a una capacidad de extracción de 2,500 Kg de fertilizante/Ha/año, estando por debajo de este en un 0.49%. Por lo anterior, se puede señalar que el manejo de altos niveles de fertilidad de elementos menores es prescindible, ya que no influye significativamente de forma positiva en el incremento de diámetro ecuatorial de los frutos, y que a causa del uso excesivo de fertilizantes se llegara a generar un factor de estrés salino en el cultivo actual o en futuros cultivos a establecer en ese suelo.

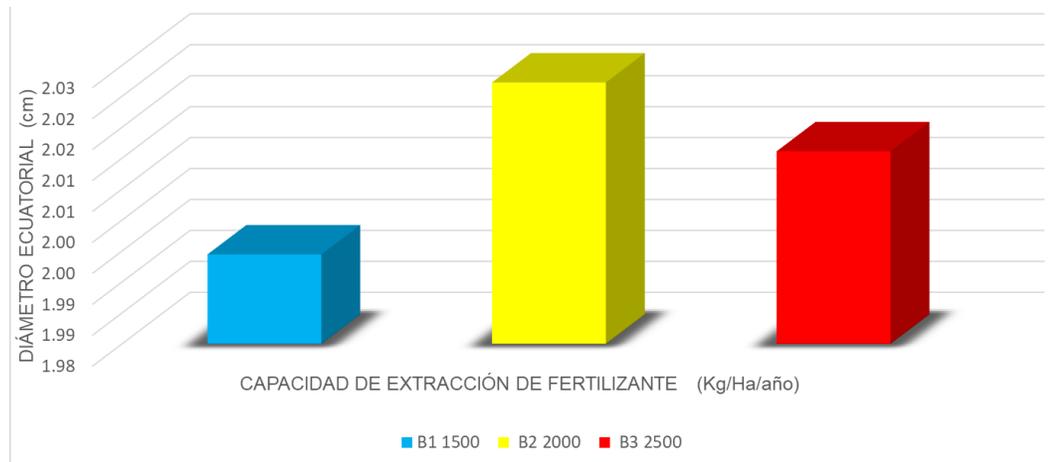


**Figura 4.5. Respuesta del cultivo de chile serrano a los niveles de fertilidad de elementos menores, para la variable Diámetro Ecuatorial, (DE).**

Al analizar los resultados, se encontró que el factor A (niveles de fertilidad de elementos menores), presenta una respuesta estadística no significativa, lo que señala, que el empleo de niveles de fertilidad en elementos menores con concentraciones medias y altas no beneficia en el incremento de esta variable, ya que el manejo de niveles de fertilidad de elementos menores en bajas concentraciones, garantiza obtener mejores resultados, o bien semejantes, pues al realizar una comparativa de manera porcentual, los niveles de fertilidad bajos de elementos menores obtuvieron un 0.99% mayor que los niveles de fertilidad medios, y a su vez también un 0.5% mayor que los niveles de fertilidad altos de elementos menores en concentraciones altas.

Es de suma importancia señalar que, con el manejo de altos niveles de fertilidad de elementos menores, es posible que se presenten problemas a nivel fisiológico en el desarrollo del cultivo, a causa de una toxicidad o por antagonismos con otros elementos mayores como es el caso del nitrógeno (N), debido al aumento de sus concentraciones al momento de su aplicación, pues al ser elementos menores tienen mayor rango de toxicidad en comparación con los macroelementos, y por lo tanto al no ser requeridos en altas cantidades, la planta

no los utilizará por completo en su desarrollo y crecimiento, ocasionando una acumulación de sales en el suelo, lo cual será desfavorable.



**Figura 4.6. Respuesta del cultivo de chile serrano a la capacidad de extracción de fertilizante Kg/Ha/año, para la variable Diámetro Ecuatorial, (DE).**

En el factor B (capacidades de extracción de fertilizante), se obtuvo una respuesta estadística no significativa, lo que refleja que las altas aplicaciones de fertilizante Kg/Ha/Año, no genera necesariamente un incremento en los valores de esta variable, en cambio, se puede llegar a obtener los mismos resultados, con un uso menor y controlado de los fertilizantes, conservando de esta manera la estructura y fertilidad del suelo.

Al realizar una comparación de forma porcentual a las diferentes capacidades de extracción de fertilizante, se pudo observar que la capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año presentó los mejores resultados, en un 1.51% mayor que la capacidad de extracción baja de 1,500 Kg de fertilizante/Ha/año y al mismo tiempo en un 0.5% por encima de la capacidad de extracción de 2,500 Kg de fertilizante/Ha/año, aunque en ambos casos los porcentajes de diferencia que presenta son mínimos. Vázquez (2019), presento datos semejantes en cuanto a la variable diámetro ecuatorial en zanahoria, señalando que los mejores resultados para esta variable se encontraron al manejar capacidades de

extracción de fertilizante en cantidades medias, ya que en esta presentó un comportamiento semejante a cuando se aplicaron altas capacidades de extracción de fertilizante Kg/Ha/año.

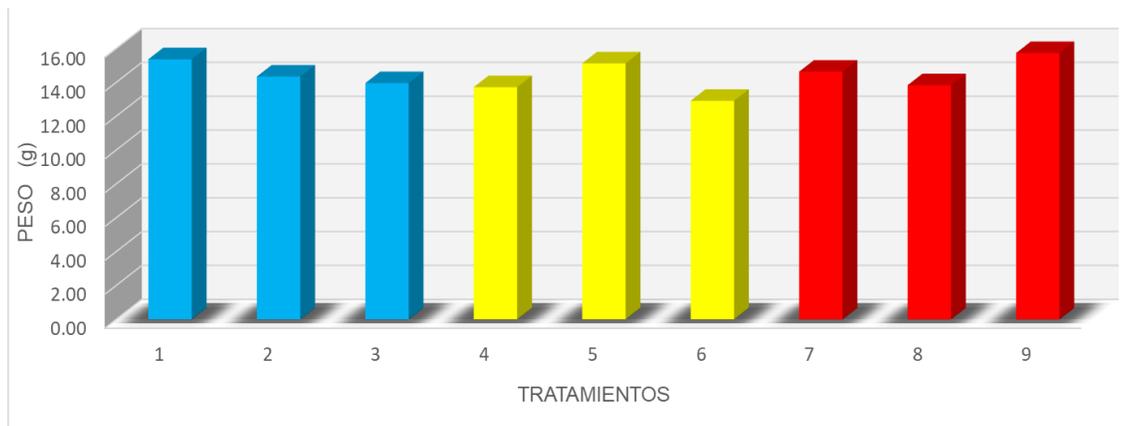
Considerando los datos presentados por Vázquez en (2019), se puede señalar que el manejo de altas cantidades de fertilizante resulta no necesario para el incremento en los valores de diámetro ecuatorial, ya que al emplear capacidades de extracción medias como máximo, se obtienen resultados satisfactorios.

En la interacción de los factores A\*B, se encontró una respuesta estadística, no significativa. Lo que indica que el comportamiento de estos dos factores entre ellos es independiente.

#### 4.3. Peso de Fruto (PF)

Esta variable es importante desde el punto de vista productivo y comercial, ya que es aquí, donde se determina el potencial de producción debido a que al cosechar frutos con más peso, el rendimiento por Ha se incrementará y de este modo permitirá a el productor obtener el beneficio de generar un incremento en el rango de utilidad proyectado, por ello, es de importancia influir en el desarrollo adecuado del cultivo con un manejo nutricional apropiado y las aplicaciones de cantidades de fertilizante idóneas, que permita favorecer la producción de frutos con buen peso, cuidando que los costos de inversión no se salgan del presupuesto establecido y que tal acción sea sumamente remunerativa al momento de cosecha.

Al analizar el comportamiento de los tratamientos, correspondiente a la variable peso de fruto, se observó que para el manejo de niveles de fertilidad bajos de elementos menores, los mejores resultados se obtuvieron cuando se asoció la capacidad de extracción de fertilizante de 1,500 Kg de fertilizante/Ha/año (T1), y cuando se aumenta la capacidad de extracción de fertilizantes el comportamiento para esta variable sufrió un decremento progresivo no satisfactorio.



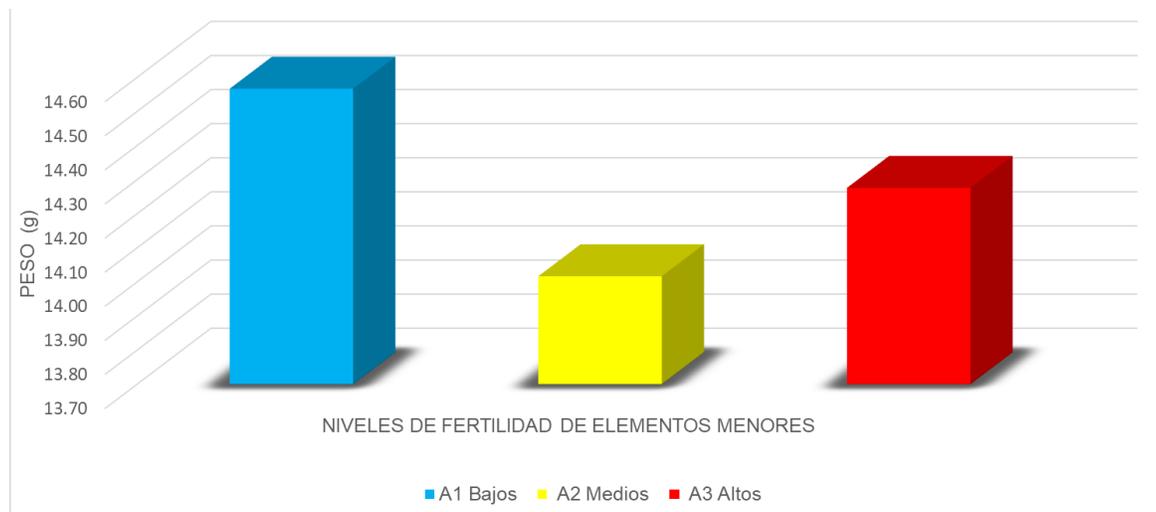
**Figura 4.7. Comportamiento de los tratamientos a la aplicación de niveles de fertilidad de elementos menores y al uso de capacidades de extracción, para la variable Peso (P).**

Para el caso de los niveles de fertilidad media de elementos menores, se obtuvo un comportamiento más favorable al utilizar una capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año (T5), a pesar de esto se encontró que estuvo por debajo del T1 en un 1.63%, en donde se manejaron niveles de fertilidad baja de elementos menores con la capacidad de extracción mínima de fertilizantes de 1,500 Kg/Ha/año.

En los niveles de fertilidad altos de elementos menores, se presentó una reacción positiva al utilizar una capacidad de extracción de 2,500 Kg de fertilizante/Ha/año (T9), sin embargo este resultado es ligeramente superior al obtenido en el T1, presentando solamente una diferencia de tan solo un 2.3%.

De acuerdo a lo analizado, es posible manifestar que los niveles bajos de fertilidad de elementos menores, ligados a una capacidad de extracción baja de 1,500 Kg de fertilizante/Ha/año, permitirán la obtención de resultados satisfactorios, y que no por incrementar los niveles de fertilidad de elementos menores de medianas a altas cantidades se obtengan mejores resultados, se observó además, que cuando se aumenta el nivel de fertilidad de elementos menores, es necesario aumentar también la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año, lo que influirá

económicamente de manera negativa sobre la relación beneficio-costos del cultivo, afectando la economía del productor.

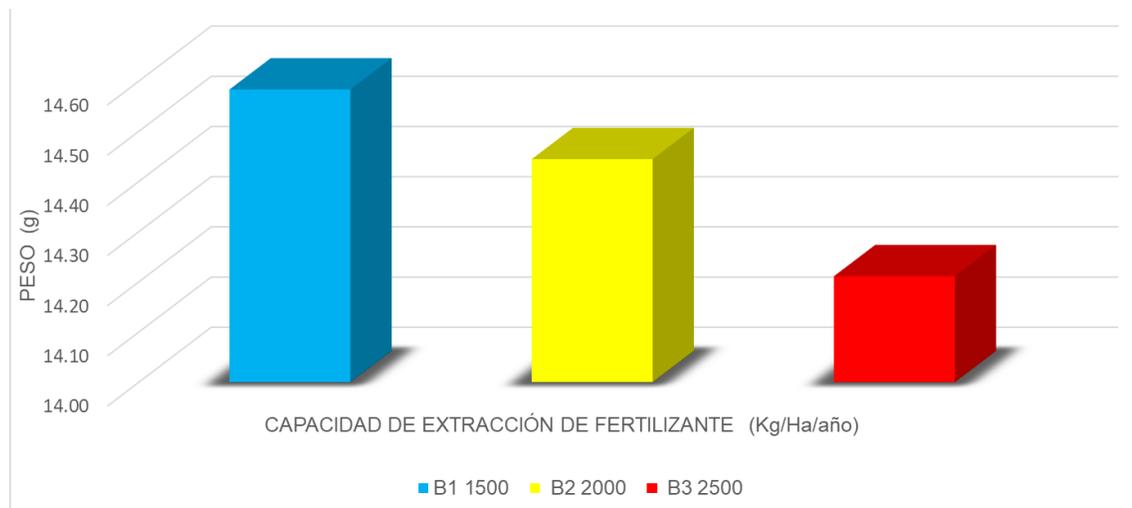


**Figura 4.8. Respuesta del cultivo de chile serrano a los niveles de fertilidad de elementos menores, para la variable Peso, (P).**

Al analizar los resultados obtenidos por el análisis de varianza para el factor A, se encontró una respuesta estadística no significativa, lo que indica que el uso y aplicación de los niveles de fertilidad altos de elementos menores, no obligatoriamente esté ligado al incremento de esta variable, por el contrario, es probable que se lleguen a presentar problemas en la absorción y translocación de elementos por la planta, provocando problemas o desbalances nutricionales a nivel fisiológico, que afecten de manera desfavorable los rendimientos esperados.

Al realizar una comparación porcentual entre los resultados de los niveles de fertilidad de elementos menores para la variable peso de fruto, se observó que los mejores resultados se encontraron al manejar niveles de fertilidad bajos con un peso promedio de frutos de 14.57 g, con un resultado mayor con respecto a los niveles de fertilidad altos en un 1.99%, y a la vez con un 3.77% superior cuando se comparó con los niveles de fertilidad medios.

Este comportamiento muestra una relación con los resultados obtenidos en la variable de diámetro ecuatorial, donde los mejores resultados se obtienen cuando se usan niveles de fertilidad bajos de elementos menores, por lo tanto, al tener frutos con diámetros ecuatoriales mayores, en consecuencia, se obtendrá un incremento en el peso de fruto.



**Figura 4.9. Respuesta del cultivo de Chile Serrano a la capacidad de extracción de fertilizante Kg/Ha/año, para la variable Peso, (P).**

En el factor B, se obtuvo también una respuesta estadística no significativa, que indica que el manejo de capacidades de extracción altas no necesariamente influye en el incremento de esta variable, por el contrario, se observó que en la capacidad de extracción de 1,500 Kg de fertilizante/Ha/año se obtienen los mejores resultados, comparado a cuando se manejan capacidades de extracción de fertilizante más elevadas, pues al aumentar la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año se genera un decremento escalonado en el comportamiento de esta variable.

Pérez (2015), en el experimento realizado con chile habanero presentó datos semejantes, señalando que los mejores valores en peso de fruto se obtuvieron con una capacidad de extracción baja de 1000 Kg de fertilizante/Ha/año y que, al

aumentar la capacidad de extracción de fertilizante, el valor de peso de fruto sufría una reducción progresiva y significativa.

Estos datos tienen diferencia a los presentados por Tenorio (2019), que señala que el peso del bulbo de cebollín presenta un incremento mínimo al utilizar una capacidad de extracción de fertilizante de 2,000 Kg/Ha/año, partiendo de una capacidad de extracción baja de fertilizante de 250 Kg/Ha/año.

Considerando los datos obtenidos por Pérez en 2015 se puede expresar que no es necesario el manejo altas capacidades de extracción de fertilizante para generar un incremento en los valores de peso de fruto, ya que con una capacidad de extracción mínima de 1,500 Kg/Ha/año será suficiente para obtener buenos resultados en rendimiento, y que las diferencias que se presentan conforme a los datos de Tenorio en 2019, pueden ser ocasionadas a que es una hortaliza de diferente especie.

Por otra parte, a causa de la sobre carga de sales en el suelo, se pueden presentar problemas a lo largo del proceso del cultivo, ya que se afectará con esto la capacidad de absorción de agua por la planta, y, por lo tanto, al no haber flujo de agua tampoco habrá flujo de nutrientes, todo esto ocasionado de manera negativa por el aumento de salinidad en la solución del suelo.

En la interacción de los factores A\*B, se obtuvo una respuesta estadística no significativa. Señalando de esta forma el comportamiento independiente en la respuesta a por parte de los dos factores.

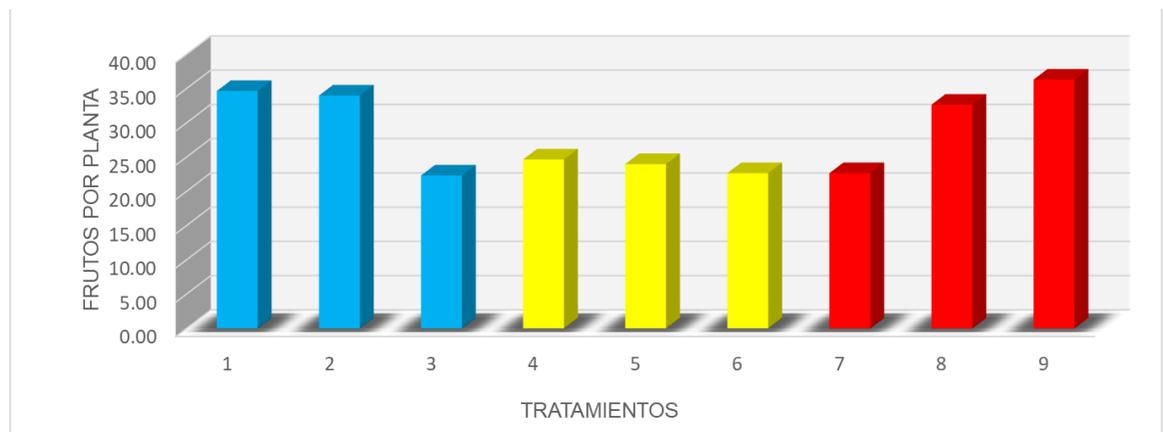
#### 4.4. Frutos por Planta (FP).

Esta variable es de suma importancia desde el punto de vista productivo y económico, ya que de esta dependerá el rendimiento del cultivo, debido a que un número adecuado de frutos por planta permitirá obtener buenos rendimientos del cultivo cuando esta variable es alta.

Uno de los factores que mayor influencia tiene en el cultivo, de acuerdo a la producción eficiente de frutos por planta, es la nutrición de la misma, ya que un

buen abasto nutrimental en la planta le permitirá aumentar su capacidad de reservas que conduzca a una buena floración, ya que es en este punto donde ocurren los procesos de polinización, fecundación y posteriormente crecimiento de frutos, por lo tanto ,a más capacidad de reservas en la planta, mayor será la posibilidad de mantener un número significativo de frutos que garanticen un incremento en el rendimiento.

Al analizar el comportamiento de los tratamientos de acuerdo con la variable número de frutos por planta, se observaron los mejores resultados para los niveles de fertilidad bajos de elementos menores, se obtuvieron al manejar una capacidad de extracción baja de 1,500 Kg de fertilizante/Ha/año, y se encontró que al aumentar a la máxima capacidad de extracción de fertilizante de 2,500 Kg/Ha/año el rendimiento en número de frutos disminuye hasta en un 35.6%, lo que se refleja en una disminución del rendimiento.

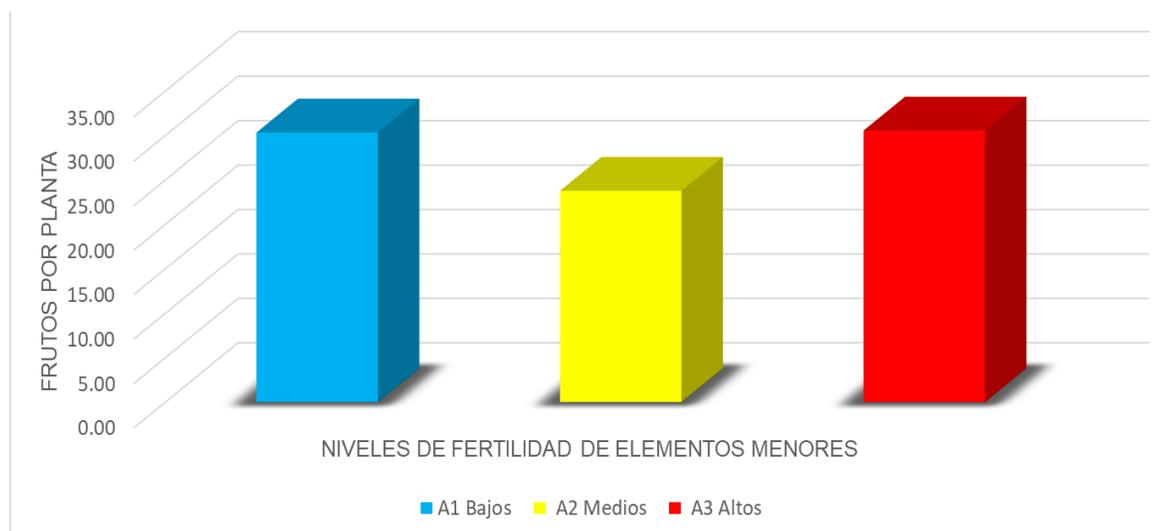


**Figura 4.10. Comportamiento de los tratamientos a la aplicación de niveles de fertilidad de elementos menores y al uso de capacidades de extracción, para la variable Frutos por Planta, (FP).**

Para los niveles de fertilidad medios de elementos menores, se presenta un comportamiento semejante al de los niveles de fertilidad bajos, ya que conforme la capacidad de extracción de fertilizante aumenta, los valores de la variable

disminuyen. A pesar de que este comportamiento es parecido, en este caso se presentan valores menores a los obtenidos con los niveles de fertilidad bajos.

En los niveles de fertilidad altos de elementos menores, los mejores resultados para esta variable, se encontraron al asociar la capacidad de extracción máxima de 2,500 Kg de fertilizante/Ha/año, alcanzando un número de frutos por planta de 36.33 promedio, mostrando un comportamiento opuesto a cuando se manejan los niveles de fertilidad bajos de elementos menores, ya que en este caso el rendimiento de los valores de frutos por planta incrementa al aumentar las capacidades de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año, mostrando un sinergismo en los niveles de fertilidad altos de elementos menores y la alta aplicación de fertilizantes, con un porcentaje mínimo sobre el rendimiento alcanzado con los niveles bajos de fertilidad de elementos menores y capacidad de extracción baja.

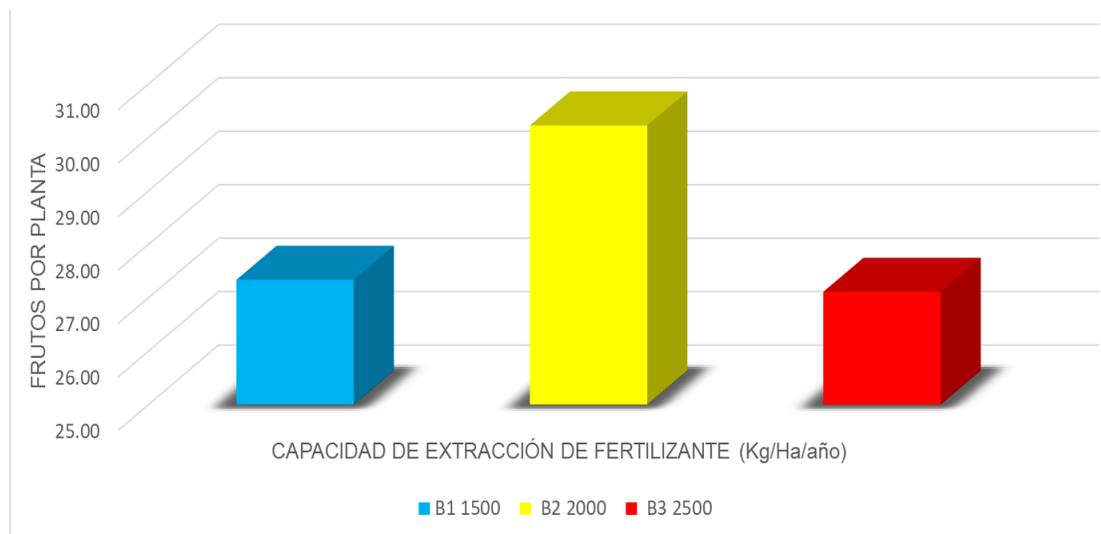


**Figura 4.11. Respuesta del cultivo de chile serrano a los niveles de fertilidad de elementos menores, para la variable Frutos por Planta, (FP).**

Al interpretar el análisis de varianza para el factor A, lo que respecta la variable frutos por planta, se encontró una respuesta estadística no significativa, lo que señala que los altos niveles de fertilidad de elementos menores no necesariamente generan un incremento en los valores de frutos obtenidos por

planta, ya que, con niveles bajos de fertilidad de elementos menores, se llegará a obtener resultados semejantes.

Al realizar una comparación de forma porcentual de los resultados en este factor, se observó que los niveles bajos de fertilidad de elementos menores presentaron resultados satisfactorios en cuanto a frutos por planta, con un valor promedio de 30.33 frutos, comportamiento parecido al obtenido con los niveles de fertilidad altos, arrojando un 0.76% de diferencia a favor de los niveles altos de fertilidad de elementos menores con un número promedio de frutos por planta de 30.56, lo que representa una diferencia mínima. Por otra parte, los niveles medios de fertilidad de elementos menores presentaron un comportamiento más desfavorable en cuanto a número de frutos obtenidos por planta, arrojando un promedio máximo de 23.78 frutos por planta. De acuerdo con lo expresado, es importante señalar, que niveles bajos de fertilidad de elementos menores garantizan obtener un número de frutos por planta satisfactorio.



**Figura 4.12. Respuesta del cultivo de chile serrano a la capacidad de extracción de fertilizante Kg/Ha/año, para la variable Frutos por Planta, (FP).**

Al analizar los resultados obtenidos en el análisis de varianza para el factor B, se observó una respuesta estadística no significativa, lo que refleja que el manejo de altas capacidades de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año no necesariamente influye de forma benéfica en el incremento de frutos por planta. Al realizar una comparación porcentual se observó que los mejores resultados para número de frutos por planta se obtuvieron con el manejo de la capacidad de extracción de fertilizante de 2,000 Kg/Ha/año, siendo superior en un 10.3% a los rendimientos obtenidos con el empleo de la capacidad de extracción de fertilizante máxima de 2,500 Kg/Ha/año.

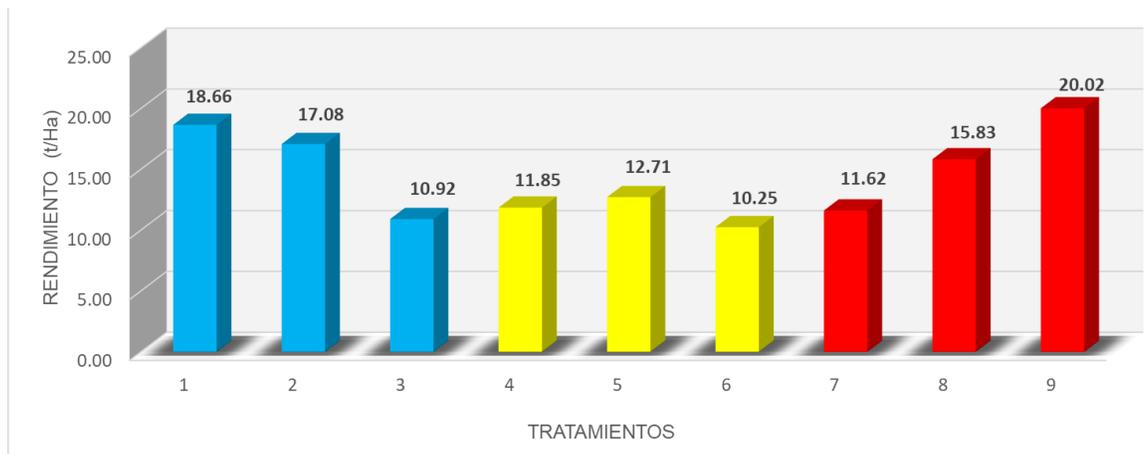
Estos resultados, presentan cierta similitud a los datos de rendimiento presentados por Pérez (2015), quien menciona que los mejores resultados los obtuvo al aplicar una capacidad de extracción de fertilizante baja de 1,000 Kg/Ha/año, y que al aumentar a capacidades de extracción de fertilizante de 2,500 Kg/Ha/año y superiores a esta, los rendimientos son más reducidos. Así mismo, Sibaja en 2022, trabajando con calabacita encontró para la variable número de frutos por planta, que no es conveniente aplicar altas cantidades de fertilizante en esta especie, ya que cuando estas se incrementan a cantidades altas, el comportamiento sufre una reducción no favorable para esta variable. De acuerdo con los datos presentados por Sibaja en 2022 y por Pérez en 2015, se puede decir que el manejar altas cantidades de fertilizante en la nutrición no necesariamente genera un incremento en los valores de rendimiento por planta, por el contrario, aumentará considerablemente los costos de producción del cultivo, afectando de manera negativa el presupuesto del productor, mientras que una capacidad de extracción de fertilizante baja a media garantiza buenos resultados en cuanto a rendimiento del cultivo.

En la interacción de los factores A\*B, se encontró una respuesta estadística no significativa, lo que indica que el comportamiento de estos es independiente por parte de los dos factores.

#### **4.5. Rendimiento (t/Ha).**

Esta variable es muy importante desde un enfoque económico, ya que un mayor rendimiento en el cultivo, significa cosechas abundantes y mayores ingresos, lo que fortalece la confianza en la inversión de tiempo y recursos por parte del productor y mayores ingresos, por lo tanto es de suma importancia visualizar el rendimiento al que se desea llegar, así como las practicas que se deberán de emplear para llegar al rendimiento esperado, o el mayor acercamiento posible al rendimiento proyectado, ya que este será determinante para la retribución de los costos acumulados a lo largo del cultivo y el total del ingreso esperado, por lo tanto influirá en el éxito económico o fracaso del productor.

En el comportamiento de los tratamientos, en lo que respecta a el rendimiento del cultivo, para el caso de los niveles bajos de fertilidad de elementos menores se observó que los mejores resultados, se encontraron al asociarse con la capacidad de extracción mínima de 1,500 Kg de fertilizante/Ha/año generando un rendimiento de 18.66 t/Ha, y que al aumentar la capacidad de extracción de fertilizante a cantidades mayores de 2,000 y 2,500 Kg/Ha/año, los valores de rendimiento sufren un decremento gradual, bajando la producción hasta en un 8.46% y un 41.48%. Para los niveles de fertilidad medios de elementos menores se observó que presentan un comportamiento semejante al expresado en los niveles de fertilidad bajos, solo que en estos se obtuvieron valores menores en rendimiento, generando una producción máxima de 12.71 t/Ha al asociarse con capacidades de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año, la que disminuye aún más, al manejar capacidades de extracción de 2,500 Kg de fertilizante/Ha/año.

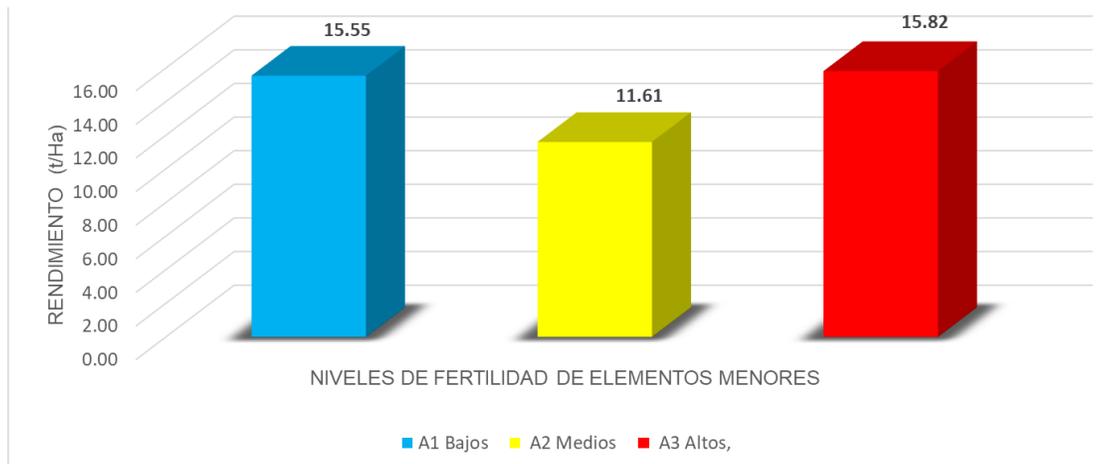


**Figura 4.13. Comportamiento de los tratamientos a la aplicación de niveles de fertilidad de elementos menores y al uso de capacidades de extracción, para rendimiento en t/Ha.**

En los niveles altos de fertilidad de elementos menores, se pudo observar que se presentó un comportamiento completamente opuesto al de los niveles de fertilidad bajos, ya que en este caso el rendimiento se incrementó, al aumentar de una capacidad de extracción a otra más alta, por lo tanto se puede expresar que el efecto conjunto de los niveles de fertilidad altos en elementos menores y la capacidad de extracción máxima de 2500 Kg de fertilizante/Ha/año genera un mejor comportamiento, al que presentan de manera individual.

El rendimiento que se alcanzó al manejar niveles altos de fertilidad de elementos menores con la capacidad de extracción de fertilizante máxima de 2,500 Kg/Ha/año es de 20.02 t/Ha, superior en un 7.3% a cuando se emplean niveles de fertilidad bajos con una capacidad de extracción de fertilizante de 1,500 Kg/Ha/año logrando un rendimiento hasta de 18.66 t/Ha, por lo tanto, la práctica de manejar altas cantidades de fertilizante resulta no necesaria, ya que el incremento en rendimiento obtenido es mínimo, en cambio el aumento de fertilizante aplicado resulta altamente significativo, y en consecuencia ocasionará un mayor costo de producción del cultivo, lo que no será remunerado al momento de cosecha.

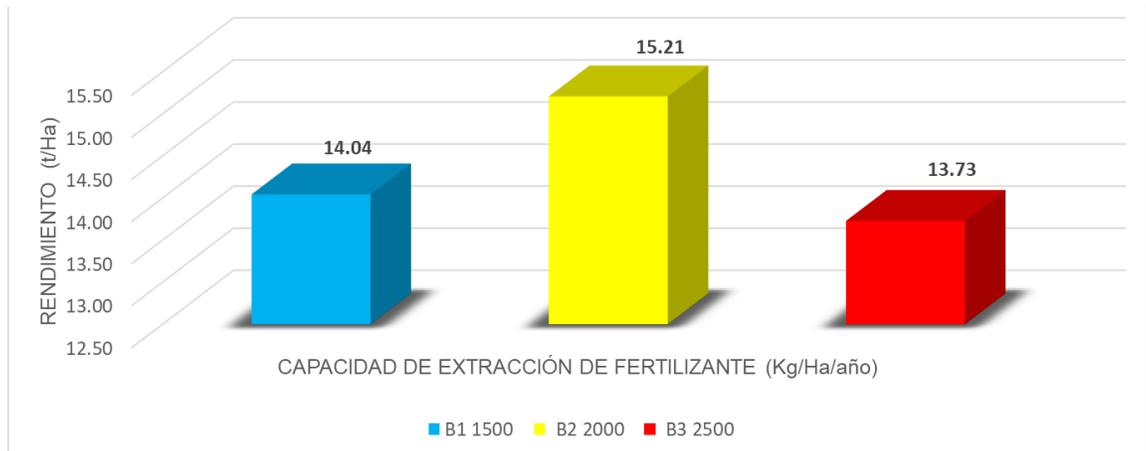
El Avance de Siembras y Cosechas del SIAP (2017), en el año 2016 presentó una superficie sembrada de 171,791 Ha, con una producción de 2,922,752 ton con un rendimiento promedio de 18.27 t/Ha, esta estadística se refiere a producción de chile verde, dicho rendimiento, fue superado en el presente trabajo experimental en un 2.1%, al manejar una capacidad de extracción de fertilizante de 1,500 Kg/Ha/año con niveles bajos de fertilidad de elementos menores (T1), y en un 8.74% al emplear una capacidad de extracción de fertilizante de 2,500 Kg/Ha/año con niveles de fertilidad altos de elementos menores(T9), resaltando de esta manera la importancia del empleo de la fertilización completa en el cultivo para la obtención de resultados más satisfactorios respecto a rendimiento.



**Figura 4.14. Respuesta de niveles de fertilidad de elementos menores, respecto a rendimiento.**

Al analizar los resultados obtenidos del análisis de varianza, se encontró una respuesta estadística no significativa, lo que señala que los niveles altos de fertilidad de elementos menores no influyen de manera significativa en el incremento en rendimiento del cultivo, y que los niveles bajos de fertilidad de elementos menores aseguran obtener resultados semejantes en cuanto a rendimiento. En los niveles de fertilidad de elementos menores, se observó que los rendimientos más altos se obtuvieron en el manejo de niveles de fertilidad

bajos y niveles de fertilidad altos, pues estos dos reflejaron un valor mayor en número de frutos presentando un porcentaje de diferencia mínimo, en un 1.7% a favor de los niveles altos de fertilidad, sin embargo, con el análisis de las variables anteriormente descritas, se observó que al manejar los niveles de fertilidad altos, en consecuencia se genera un decremento en los valores de características fenotípicas de la calidad de fruto, como es el caso del peso y diámetro ecuatorial de fruto, por lo tanto se tendrán frutos menos desarrollados a comparación de cuando se establece un manejo de niveles de fertilidad bajos, que permite mantener estas características, obteniendo un valor comercial de cosecha más elevado.



**Figura 4.15. Respuesta de capacidad de extracción de fertilizantes en Kg/Ha/año respecto a rendimiento.**

Al interpretar el análisis de varianza para el factor B (capacidad de extracción de fertilizante), también se encontró una respuesta estadística no significativa, lo que muestra que las altas cantidades de fertilizante no intervienen significativamente en el incremento del rendimiento en el cultivo.

Realizando una comparación porcentual, para la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año respecto al rendimiento, se observó que los mejores

resultados se obtuvieron con el manejo de una capacidad de extracción de fertilizante de 2,000 Kg/Ha/año, superior a la capacidad de extracción baja de fertilizante de 1500 Kg/Ha/año en un 7.7% y a su vez en un 9.7% mayor a los rendimientos obtenidos con la capacidad de extracción máxima de 2,500 Kg/Ha/año. A pesar de esto, características físicas como el diámetro polar y peso de fruto sufren una reducción en sus valores al utilizar capacidades de extracción de 2,000 y 2,500 Kg de fertilizante/Ha/año, por tal causa se tendrán frutos más pequeños y con menor peso, lo que son características comerciales deficientes a la vista del consumidor.

Por lo anterior se puede señalar, que una capacidad de extracción de 1,500 Kg de fertilizante/Ha/año garantiza la calidad comercial de frutos manteniendo un buen rendimiento por hectárea y con posibilidad de ingreso a mercados de comercio internacional.

En la interpretar el análisis de varianza para la interacción de los factores A\*B, se observó una respuesta estadística no significativa, lo que señala que el comportamiento por parte de estos dos factores es independiente.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, es mejor implementar en la interpretación del análisis de suelo, bajos niveles de fertilidad de elementos menores, ya que, al manejar niveles bajos de fertilidad de elementos menores, se obtienen resultados satisfactorios en las variables diámetro ecuatorial de fruto, peso de fruto, número de frutos y, en consecuencia, rendimiento. La variable diámetro polar, que está relacionada con el largo de fruto, y el número de frutos por planta, también se ven favorecidas cuando se emplean niveles de fertilidad altos de elementos menores, aunque los resultados obtenidos cuando se utilizan niveles de fertilidad bajos presentan una diferencia mínima.

Es mejor manejar una capacidad de extracción de fertilizante baja de 1,500 Kg/Ha/año, ya que se obtienen resultados satisfactorios en las variables diámetro polar, peso de fruto, frutos por planta y estos resultados son semejantes a los obtenidos cuando se maneja una capacidad de extracción de fertilizante mayor de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año. Las variables de diámetro polar y peso de fruto se ven afectadas al momento de aumentar de una cantidad de fertilizante a otra aún más alta, por lo tanto, se desarrollan mejor en capacidades de extracción bajas de 1,500 Kg de fertilizante/Ha/año.

Al manejar la capacidad de extracción de fertilizante baja de 1,500 Kg/Ha/año, asociado con niveles de fertilidad bajos de elementos menores, se llega a obtener un rendimiento hasta de 18.66 t/Ha, que fue obtenido en el T1, lo cual es semejante al rendimiento que se obtuvo cuando se empleó una capacidad de extracción alta de fertilizante que equivale a 2,500 Kg/Ha/año y niveles altos de fertilidad de elementos menores. El manejo de una capacidad de extracción de fertilizante de 2,000 Kg/Ha/año como máximo, es suficiente para casos en los que se cuente con suelos de características sumamente pobres en los niveles de fertilidad.

## VII. SUGERENCIAS

El presente trabajo de investigación se maneja a nivel de sugerencia, debido a que, para llegar a ser recomendación es necesario un mayor número de trabajos experimentales enfocados en la nutrición, la cantidad de fertilizante que se demanda y los niveles de fertilidad óptimos para el desarrollo adecuado del cultivo, así como la respuesta que el cultivo presenta al estar sometido a estas variables.

Actualmente existe poca información sobre los niveles de fertilidad de elementos menores en el cultivo de chile serrano, lo que resulta en un factor limitante para su adecuada producción, pues la función e influencia que estos tienen es muy importante en el metabolismo de las plantas para su desarrollo, crecimiento, producción y rendimiento con frutos de calidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se sugiere manejar niveles bajos de fertilidad de elementos menores en la interpretación de análisis de suelo, ya que estos garantizan mantener los parámetros de calidad de cosecha.

Se sugiere no manejar niveles altos de fertilidad de elementos menores, ya que se observó que estos generan una reducción en los parámetros de calidad de frutos, ocasionando una baja calidad de cosecha, siendo esta un limitante para la entrada al mercado nacional e internacional y además con un bajo costo en el mercado.

El rendimiento obtenido con el manejo de capacidad de extracción de 1,500 Kg/Ha/año es semejante a el rendimiento que se genera con el empleo de la capacidad de extracción alta de fertilizante de 2,500 Kg/Ha/año, solo que, al manejar la capacidad de extracción, se incrementan los costos de inversión del cultivo significativamente, afectando en consecuencia la economía del productor, al no incrementarse de manera significativa el rendimiento, por lo que, se sugiere

cuidar su estabilidad económica evitando el uso excesivo de fertilizantes, afectando en consecuencia las características físicas y químicas de los suelos.

Con el manejo de altas cantidades de fertilizante, es muy probable, que se llegue a causar problemas de salinidad en el suelo, por lo tanto, se sugiere mantener el rango de capacidad de extracción de fertilizante en 2,000 Kg/Ha/año como máximo

## VII. LITERATURA CITADA

- Aguirre-Mancilla et, al (2017). El chile (*C. annum* L.), cultivo y producción de semilla. *Ciencia y tecnol.agrop.méxico*,5,19-23. Obtenido de: <https://www.somecta.org.mx/revistas/2017-1/2017-1/3.%20chileaguirre.pdf>
- Álvarez, F., & Pino, M. T. (2018). Aspectos generales del manejo agronómico del pimiento en Chile. *Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes*, 41-58. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Recuperado de: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6647/NR40853.pdf?sequence=8>
- Amezcuca R, J. C., & Lara F, M. (2017). El zinc en las plantas. Departamento de Ciencias Agrogenómicas, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad León, Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68\\_3/PDF/zinc\\_plantas.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_3/PDF/zinc_plantas.pdf)
- Arriaga R, J. A. (2011). Evaluación de tres enraizadores comerciales en la producción de plántulas de chile ancho y chile serrano (*Capsicum Annum* L). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5139/T18592%20ARRIAGA%20ROBLERO%2c%20JUAN%20ALEXI%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barrantes, F. (2010). Manual de recomendaciones en el Cultivo de chile pimentón o ají (*Capsicum* sp.), 3-4. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) San José, Costa Rica. Recuperado de: <http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/00/00380manualchile.pdf>
- Bautista H, C. F. (2020). Evaluación de Atrayentes Para la Captura de *Anthonomus eugenii*. Cano (Coleoptera: Curculionidae) en Campo. Colegio de Postgraduados Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, Estado de México. Obtenido de

[http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/4205/Bautista\\_Hernandez\\_CF\\_MC\\_F\\_Entomologia\\_Acarologia\\_2019.pdf;jsessionid=909D191D469DE0EF4FA852652D756B1C?sequence=1](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/4205/Bautista_Hernandez_CF_MC_F_Entomologia_Acarologia_2019.pdf;jsessionid=909D191D469DE0EF4FA852652D756B1C?sequence=1)

- Cabello, T.; Abad, M.M. ; Pascual, F., 1990a. Capturas de *Frankliniella accidentalis* (Thys.: Thripidae) en trampas adhesivas de distintos colores en cultivos en invernaderos del SE. de España. Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas 17: 265-270.
- Chew M.Y.I., A. Vega P., U. Nava C., P. Cano R., y F. Jiménez D. 2006. Virus Fitopatógenos en los cultivos hortícolas de la Región Lagunera. Informe de Investigación. INIFAPCIRNOC-CELALA. Matamoros, Coahuila. 12 p.
- Cortés P, P. (2024). México, centro de origen y distribución del chile. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. Obtenido de <https://www.uv.mx/universo/general/mexico-centro-de-origen-y-distribucion-del-chile/>
- D. B., I. (2020). *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae). Dirección General de Sanidad Vegetal Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600965/Mosquita\\_blanca.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600965/Mosquita_blanca.pdf)
- Gómez P., M. A. (2015). Estudio de híbridos, heterosis y heterobeltiosis en chile ancho (*Capsicum annum* L.). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6565/63284%20GOMEZ%20PEREZ%2c%20MIGUEL%20ANGEL%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed>
- Gonzales G, E. (2019). Producción de Cilantro Mediante el Manejo de Nutrición y Capacidad de Extracción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/46452/K%2066059%20Gonz%2c%20a1lez%20G%2c%20b3mez%2c%20Edwin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González L, H. (2013). Efecto de la Concentración de Calcio y Potasio en la Solución de Fertirriego en Tomate Bajo Invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/58>

66/T19976%20%20GONZALEZ%20LOPEZ%2c%20HORACIO%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández, E. A., & Ocotero, V. M. (2015). El chile como alimento. *Revista ciencia*, 16-23. Recuperado de: [https://amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/66\\_3/PDF/Chile.pdf](https://amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/66_3/PDF/Chile.pdf)

Hernández P, Y. Y. (2022). Producción de Girasol Ornamental, Considerando Presiembra, Capacidad de Extracción de Fertilizantes y Uso de Humatos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/48577/K%2067559%20Hern%c3%a1ndez%20Pe%c3%b1a%2c%20Yoav%20Yael.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INIFAP. (2008). Principales Enfermedades del Chile (*Capsicum annum* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental la Laguna Matamoros, Coahuila, México. Obtenido de <https://www.compucampo.com/tecnicos/principalesenfermedades-chile.pdf>

INIFAP. (2014). Producción Hidropónica de Chile Habanero en Invernadero. Centro de Nacional de Investigación Disciplinara en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera. Gómez Palacio, Dgo. Obtenido de [http://cenid-raspa.inifap.gob.mx/demo/modulo/Folletos%20tecnicos/2014/34\\_Prod ucci%C3%B3n%20hidroponica%20de%20chile%20Habanero%20en.p df](http://cenid-raspa.inifap.gob.mx/demo/modulo/Folletos%20tecnicos/2014/34_Prod ucci%C3%B3n%20hidroponica%20de%20chile%20Habanero%20en.p df)

INIFAP. (2017). Producción de Pimiento, Chile Habanero y Pepino en Casa de Malla. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural. Río Bravo, Tamaulipas, México. Obtenido de [https://vun.inifap.gob.mx/VUN\\_MEDIA/BibliotecaWeb/\\_media/\\_publicacionesespecial/3111\\_4754\\_Producci%C3%B3n\\_de\\_pimiento\\_chile\\_habanero\\_y\\_pepino\\_en\\_casa\\_malla.pdf](https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_publicacionesespecial/3111_4754_Producci%C3%B3n_de_pimiento_chile_habanero_y_pepino_en_casa_malla.pdf)

López M, E. (2008). La Nutrición y su relación con el Síndrome de la Punta Morada. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4274/T16751%20LOPEZ%20MORALES%2c%20EUDIEL%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Martínez M., E. Castañaresa, M. I. Dinolfo, W. G. Pacheco, M. V. Moreno, S. A. Stenglein. 2014. Presencia de *Fusarium graminearum* en muestras de trigo destinado al consumo humano. *Revista Argentina de Microbiología*, 46(1):41-44. Obtenido de: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/34716/CONICET\\_Digital\\_Nro.10dc0f87-91ee-4898-a751-6d7d3b79485f\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/34716/CONICET_Digital_Nro.10dc0f87-91ee-4898-a751-6d7d3b79485f_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Mota Cadenas, C. (2011). Fijación de CO<sub>2</sub> en cultivos y sus implicaciones en el cambio climático. Universidad de Murcia. España. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=94257>
- Ortiz R, J. (2017). Rendimiento y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) bajo fertilización química y orgánica en condiciones de invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42196/JOANY%20ORTIZ%20ROCHA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez A, A. (2023). Evaluación Agronómica de Cinco Híbridos Experimentales de Chile Poblano Bajo Malla Sombra en el Sureste de Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Obtenido de <https://repositorio.uaaan.mx/bitstream/handle/123456789/49792/K%2069030%20P%20c3%a9rez%20Andr%20c3%a9s%20Alejandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Perez J, S. (2015). Capacidad de Extracción de Fertilizante del Chile Habanero (*Capsicum chinense* L.) var. Jaguar. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6639/63331%20%20PEREZ%20JIMENEZ,%20SERGIO%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- ProducePay. (2022). Producción y exportación de chile en México. Obtenido de <https://producepay.com/es/el-blog/produccion-y-exportacion-de-chile-en-mexico/>.
- Ramirez S, E. S. (2016). *Capsicum* y cultura. La historia del chilli: Introducción”, bocados de nuestra historia: “Soy como el chile verde, picoso pero... chiles”, “el comal que marca las horas: los chiles” y “el comal que marca las horas: el chile habanero”. Maestría en cocinas de México. Obtenido

de <https://www.culinaryartschool.edu.mx/cocinasdemexico/wp-content/uploads/2016/06/sintesis-capsicum.pdf>

Rangel C, L. (2016). Crecimiento de Chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) Bajo Diferente Espaciamiento Entre Hileras en la Comarca Lagunera. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42420/LUCIA%20RANGEL%20CAMPOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez S, E. (2021). Evaluación Agronómica de Siete Genotipos de Chile Habanero en el Sureste de Coahuila Bajo Condiciones de Invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/47968/K%2067149%20Rodr%c3%adguez%20S%c3%a1nchez%2c%20Erodin.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Romero J, J. P. (2013). Respuesta de la Gladiola, al Uso de Diferentes Niveles Nutricionales de Elementos Mayores en el Suelo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5835/T19669%20ROMERO%20JIMENEZ%2C%20JOSE%20PABLO%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SADER. (2021). El chile es el 8° cultivo con mayor valor generado en la agricultura nacional, alcanzando alrededor de 13 mil mdp anualmente, con un volumen de producción promedio de 2.2 millones de toneladas, del cual se exportan cerca de 900 mil toneladas de chiles fre. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | 15 de septiembre de 2021 | Comunicado. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-2-7-por-ciento-la-produccion-de-chile-verde-en-mexico-en-2020-y-registra-mayor-demanda-en-los-mercados-internacionales?idiom=es>

SADER. (2024). México, entre los principales productores de chile verde en el mundo: Agricultura. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-entre-los-principales-productores-de-chile-verde-en-el-mundo-agricultura?idiom=es#:~:text=Esta%20producci%C3%B3n%20fue%20superior%20a,tres%20millones%20112%20mil%20toneladas.>

- Salas C, R. E. (2003). Nutrición Mineral de Plantas y el uso de Fertilizantes. Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica. Obtenido de <https://cia.ucr.ac.cr/sites/default/files/2021-09/03%20Memoria%20Curso%20Fertilizantes.pdf>
- Salas E, J. L. (2019). Manejo de Nutrición Considerando Capacidad de Extracción de Fertilizantes en la Producción de Acelga (*Beta vulgaris*). Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/46451/K%2066045%20Salas%20Espinoza%2c%20Jorge%20Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SIAP. (2017). Un panorama del cultivo del chile. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de <http://infosiap.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100705-monografia-chile.pdf>
- Sixtos M, A. (2019). Acumulación y Distribución de Biomasa en Plantas de Nochebuena cv. "Prestige" al Balance de K, Ca y Mg en la Solución Nutritiva. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/47916/K%2066324%20Sixtos%20Medina%2c%20Anayely.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tenorio S, J. (2019). Capacidad de Extracción de Fertilizante, en la Producción de Cebollines con Fines de Propagación. Universidad autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/46450/K%2066042%20Tenorio%20Sandoval%2c%20Jes%3bas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vázquez H, S. (2019). Efecto del Balance K, Ca, Mg en la Solución Nutritiva de Pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo un Sistema de Cultivo sin Suelo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/47481/K%2066530%20V%3a1zquez%20Hern%3a1ndez%2c%20Sergio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vazquez V, M. G. (2019). Capacidad de Extracción de Fertilizantes y Tipo de Formulación en la Producción de Zanahoria *Daucus carota* L.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila,  
México. Obtenido de  
[http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/46826/K  
%2066267%20Vazquez%20Vazquez%2C%20Marvin%20Guillermo.pdf?  
sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/46826/K%2066267%20Vazquez%20Vazquez%2C%20Marvin%20Guillermo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)