

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Respuesta a Biofertilizante a Base de Champiñón en el Cultivo de Chile  
Jalapeño Bajo en Campo Abierto

Por:

**Edith Muñoz Pérez**

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila México

Diciembre, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta a Biofertilizante a Base de Champiñón en el Cultivo de Chile  
Jalapeño Bajo en Campo Abierto

Por:

**EDITH MUÑOZ PÉREZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alberto Sandoval Rangel

Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Raúl Alejandro Ramos Salazar


Asesor Principal Externo

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Gerardo Rodríguez Galindo

Coasesor

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



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2024

## DECLARACION DE NO PLAGIO

El autor quien es 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 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 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.



---

**Edith Muñoz Pérez**

Nombre y firma

## **AGRADECIMIENTOS**

A todos mis maestros, cuyo conocimiento, pasión por la enseñanza y compromiso con el desarrollo académico han dejado una huella profunda en mi formación. Su influencia ha sido determinante para la realización de presente tesis.

DR. Alberto Sandoval Rangel

MC. Raúl Alejandro Ramos Salazar

Al departamento de Horticultura por brindarme un espacio académico de calidad, donde pude desarrollarme tanto profesional como personalmente.

## DEDICATORIAS

A MI PAPÁ: por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme que los sueños se alcanzan con esfuerzo y perseverancia.

Sr: Felipe Muñoz García

A MIS HERMANOS: por su paciencia, comprensión y siempre estar a mi lado en cada paso de este viaje académico. Gracias por ser mi fuerza y mi inspiración.

Eduvina Cecilia Muñoz Pérez

Ana Inés Muñoz Pérez

Luis Felipe Muñoz Pérez

Cesar Aristeo Muñoz Pérez

Florentino Muñoz Pérez

A MIS AMIGOS: por su apoyo, ánimo y por hacerme ver que todo es posible cuando se tiene un propósito claro.

C. Berenice Martínez Torres.

Yuleidy Martínez Jerónimo

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACION DE NO PLAGIO .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
DEDICATORIAS .....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
RESUMEN .....	VIII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivos .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1 Importancia del cultivo .....	3
2.2 Producción mundial .....	4
2.3 Producción nacional .....	5
2.4 Aspectos generales del cultivo.....	6
2.4.1 Taxonomía del cultivo.....	6
2.4.2 Fisiología del cultivo .....	7
2.4.4 Requerimientos edafoclimatológicos .....	8
2.4.5 Composición química y valor nutritivo.....	8
2.5 Manejo agronómico del cultivo.....	10
2.5.1 Requerimientos nutricionales .....	10
2.5.2 Labores culturales .....	11
2.6 Biofertilizantes en la agricultura .....	12
2.6.1 Champiñonaza y/o extracto proteico de hongos .....	12
2.6.2 Hongos solubilizadores de fósforo.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1 Ubicación del experimento.....	14
3.2 Material genético .....	14
3.3 Manejo agronómico .....	14
3.4 Diseño experimental .....	15
3.5 Variables evaluadas .....	15
3.6 Análisis estadístico .....	16

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	18
V. CONCLUSIONES .....	31
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Gráfica 1.</b> Tendencia del crecimiento en la altura de plantas de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza. ....	18
<b>Gráfica 2.</b> Tendencia del crecimiento del diámetro de tallo de plantas de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza. ....	20
<b>Gráfica 3.</b> Tendencia del número de entrenudos en plantas de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza. ....	21
<b>Gráfica 4.</b> Tendencia de la distancia entrenudos en plantas de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza. ....	22
<b>Gráfica 5.</b> Contenido de clorofila en hojas de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.....	23
<b>Gráfica 6.</b> Temperatura foliar de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.	24
<b>Gráfica 7.</b> Número de frutos por planta de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.....	25
<b>Gráfica 8.</b> Rendimiento por planta de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.....	26
<b>Gráfica 9.</b> Largo de frutos de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza. ....	27
<b>Gráfica 10.</b> Ancho de frutos de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza. ...	28
<b>Gráfica 11.</b> Firmeza de frutos de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza. ....	29
<b>Gráfica 12.</b> Grosor de mesocarpo de frutos de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.....	30

## RESUMEN

El chile jalapeño (*Capsicum annuum*) es una de las variedades más representativas de México, con una producción anual que supera las 250,000 toneladas, destacándose por su importancia económica, cultural y gastronómica. Además de su valor alimenticio, este cultivo contiene compuestos bioactivos como la capsaicina y antioxidantes, que ofrecen beneficios para la salud. Ante la creciente demanda de prácticas agrícolas sostenibles, los biofertilizantes emergen como una herramienta clave, ya que favorecen el crecimiento vegetal, la productividad y la calidad de los cultivos mediante el uso de microorganismos benéficos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento del chile jalapeño ante la aplicación de dos biofertilizantes derivados de champiñonaza. El experimento se llevó a cabo en el área experimental del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, bajo un diseño de bloques completos al azar. Los tratamientos consistieron en un testigo, champiñonaza (Ch) y champiñonaza con fósforo soluble (Ch+P), aplicados en tres momentos del ciclo. Se evaluaron variables de crecimiento (altura de planta, diámetro de tallo, número y distancia entre entrenudos), fisiología del crecimiento (clorofila y temperatura foliar), productividad (número y peso de frutos) y calidad del fruto (largo, ancho, firmeza y grosor de mesocarpo). Los resultados mostraron que el tratamiento Ch promovió un crecimiento más sostenido, con mayores valores en el diámetro de tallo (14.11 mm) y un incremento significativo del contenido de clorofila (53.43 SPAD). Aunque no se observaron diferencias significativas en altura, número de entrenudos ni distancia entre ellos, el tratamiento Ch destacó por su impacto positivo en la firmeza del fruto (10.96 lbf) y el rendimiento (55.13 t ha<sup>-1</sup>). En contraste, el tratamiento combinado con fósforo soluble (Ch+P) fue inferior al testigo en algunas variables, como rendimiento y firmeza del fruto. Estos resultados indican que el uso exclusivo de champiñonaza como biofertilizante puede ser una alternativa efectiva para mejorar el rendimiento y la calidad del chile jalapeño, destacando su potencial para fomentar una agricultura más sostenible.

**Palabras clave:** *Biofertilizantes, Capsicum annuum, champiñonaza.*



## ABSTRACT

The jalapeño chili pepper (*Capsicum annuum*) is one of the most representative varieties of Mexico, with an annual production exceeding 250,000 tons, standing out for its economic, cultural, and gastronomic importance. In addition to its nutritional value, this crop contains bioactive compounds such as capsaicin and antioxidants that offer health benefits. Amid the growing demand for sustainable agricultural practices, biofertilizers have emerged as a key tool, enhancing plant growth, productivity, and crop quality through the use of beneficial microorganisms. This study aimed to evaluate the performance of jalapeño chili peppers under the application of two biofertilizers derived from mushroom compost (champiñonaza). The experiment was conducted at the experimental area of the Horticulture Department of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, located in Saltillo, Coahuila, Mexico, using a randomized complete block design. The treatments consisted of a control, mushroom compost extract (Ch), and mushroom compost extract with soluble phosphorus (Ch+P), applied at three points during the crop cycle. Growth variables (plant height, stem diameter, number, and distance of internodes), growth physiology (chlorophyll content and leaf temperature), productivity (number and weight of fruits), and fruit quality (length, width, firmness, and mesocarp thickness) were evaluated. The results showed that the Ch treatment promoted more sustained growth, with higher values in stem diameter (14.11 mm) and a significant increase in chlorophyll content (53.43 SPAD). Although no significant differences were observed in plant height, number of internodes, or their distances, the Ch treatment stood out for its positive impact on fruit firmness (10.96 lbf) and yield (55.13 t ha<sup>-1</sup>). In contrast, the combined treatment with soluble phosphorus (Ch+P) performed worse than the control in some variables, such as yield and fruit firmness. These results suggest that the exclusive use of mushroom compost as a biofertilizer can be an effective alternative to improve the yield and quality of jalapeño chili peppers, highlighting its potential to promote more sustainable agriculture.

**Keywords:** *Biofertilizers, Capsicum annuum, mushroom compost.*

## I. INTRODUCCIÓN

El chile jalapeño (*Capsicum annuum*) es una de las variedades más emblemáticas y cultivadas en México, donde su producción no solo satisface el consumo nacional, sino que también se exporta a diversos mercados internacionales. Según datos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2021), México se posiciona como el principal productor mundial de chile jalapeño, con una producción que supera las 250,000 toneladas anualmente. Este cultivo se extiende principalmente en los estados de Veracruz, Puebla y Nuevo León, donde las condiciones climáticas y edáficas favorecen su desarrollo.

Los jalapeños son apreciados no solo por su sabor distintivo, sino también por sus compuestos bioactivos que ofrecen beneficios para la salud. Entre estos, destacan la capsaicina, que se ha estudiado por sus propiedades antiinflamatorias y analgésicas (Bakhshayesh *et al.*, 2021), y diversos antioxidantes que contribuyen a la prevención de enfermedades crónicas (Zhao *et al.*, 2020). La importancia del jalapeño en la dieta mexicana y su creciente demanda en mercados globales subrayan la necesidad de técnicas de cultivo sostenibles que maximicen su rendimiento y calidad, considerando el cambio climático y la escasez de recursos hídricos.

El uso de biofertilizantes en la agricultura ha cobrado relevancia en los últimos años, especialmente en el cultivo de especies hortícolas como el chile jalapeño (*Capsicum annuum*). Estos productos, que incluyen microorganismos benéficos como bacterias y hongos, promueven el crecimiento de las plantas al mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, fomentar la actividad microbiológica y aumentar la resistencia a enfermedades (González *et al.*, 2022). Diversos estudios han demostrado que la aplicación de biofertilizantes puede tener un impacto positivo en el rendimiento y calidad del chile jalapeño, un cultivo de gran importancia económica y gastronómica en México.

En investigaciones recientes, se ha evidenciado que la aplicación de biofertilizantes a base de micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno mejora significativamente el crecimiento vegetativo del jalapeño. Por ejemplo, García *et al.* (2023) reportaron un aumento del 30% en la altura de las plantas y un

incremento del 25% en el número de frutos por planta tras la aplicación de un biofertilizante que contenía *Bacillus subtilis*. Estos resultados indican que la inoculación con microorganismos específicos puede optimizar la absorción de nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio, esenciales para el desarrollo del chile jalapeño. Uno de estos biofertilizantes son aquellos basados en esquilmos de otras actividades agrícolas, como lo son los residuos de la industria champiñonera.

La aplicación de estos insumos ha demostrado incrementar la concentración de compuestos bioactivos en los frutos, como la capsaicina y antioxidantes, lo cual es fundamental no solo para el atractivo sensorial, sino también para los beneficios en la salud del consumidor (López *et al.*, 2021). Esto es especialmente relevante en un contexto donde la demanda de productos orgánicos y sostenibles está en aumento.

La aplicación de biofertilizantes en el cultivo de chile jalapeño no solo mejora el rendimiento y la calidad del fruto, sino que también promueve prácticas agrícolas sostenibles. Tomando en cuenta lo anterior expuesto, el presente trabajo de investigación se plantea lo siguiente:

## **Objetivos**

Evaluar el comportamiento del cultivo de chile jalapeño como respuesta a la inoculación de 2 biofertilizantes basados en champiñón.

## **Hipótesis**

Al menos un biofertilizante mejorará los caracteres agronómicos del cultivo de chile jalapeño bajo condiciones de campo abierto.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia del cultivo

El chile jalapeño (*Capsicum annuum*) es un cultivo de gran importancia en México, no únicamente por su valor económico, sino también por su función en la cultura y la cocina de la nación. Este chile se ha transformado en un emblema de la gastronomía mexicana, empleado en una diversidad de platos tanto tradicionales como contemporáneos. De acuerdo con Martínez *et al.* (2021), el jalapeño no solo proporciona gusto y consistencia a los alimentos, sino que también es un proveedor de nutrientes y compuestos bioactivos que favorecen la salud, como la capsaicina, que se ha vinculado con características antiinflamatorias y antioxidantes.

En términos económicos, el chile jalapeño se destaca como uno de los cultivos de hortalizas más cultivados y vendidos en México. De acuerdo con la Secretaría del Departamento de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2021), México genera más de 250,000 toneladas de jalapeño cada año, posicionándolo como el mayor productor a nivel global. Esta producción no solo cubre el consumo interno, sino que también se dirige en su mayoría a la exportación, produciendo ingresos considerables para la nación. Según una investigación de González *et al.* (2022) el incremento en la demanda de jalapeño en los mercados globales ha motivado la implementación de métodos de cultivo más eficaces y sostenibles.

Además de su importancia económica, el chile jalapeño también juega un rol crucial en la salud de las personas. Estudios recientes señalan que su consumo se vincula con ventajas como la disminución del riesgo de enfermedades crónicas, gracias a sus características antioxidantes y antiinflamatorias (Zhao *et al.*, 2020). Esto subraya la urgencia de esta necesidad. Promover su cultivo y consumo, no únicamente como un producto de la agricultura, sino también como un alimento funcional que aporta a una alimentación balanceada.

Además, el chile jalapeño juega un papel crucial en la cultura, economía y salud de México. No solo su producción y consumo evidencian la abundancia

gastronómica de la nación, sino también su capacidad para aportar a la salud pública y al crecimiento económico sostenible.

## 2.2 Producción mundial

De acuerdo con la plataforma TRIDGE (2024), los principales indicadores en la producción mundial de chile jalapeño se resumen como sigue:

Principales Países Productores:

1. **México:** Aproximadamente 320,000 toneladas.
2. **Estados Unidos:** Cerca de 50,000 toneladas, concentradas principalmente en Texas y California.
3. **España:** Producción de alrededor de 25,000 toneladas, con un enfoque en variedades locales.
4. **Perú:** Alrededor de 20,000 toneladas, con un aumento en la producción para exportación.
5. **Colombia:** Producción estimada en 15,000 toneladas.

Principales Países Importadores:

1. **Estados Unidos:** Importaciones de aproximadamente 100,000 toneladas, siendo el mayor mercado para el jalapeño.
2. **Canadá:** Cerca de 30,000 toneladas, mayormente provenientes de México.
3. **Francia:** Importaciones de aproximadamente 20,000 toneladas, con creciente interés en productos frescos.
4. **Alemania:** Alrededor de 15,000 toneladas, reflejando una demanda en aumento.
5. **Reino Unido:** Importaciones de cerca de 10,000 toneladas.

Principales Países Exportadores:

1. **México:** Principal exportador, con aproximadamente 250,000 toneladas, dirigidas principalmente a Estados Unidos.
2. **España:** Exportaciones estimadas en 20,000 toneladas, enfocándose en mercados europeos.

3. **Perú:** Cerca de 15,000 toneladas, aumentando su participación en mercados internacionales.
4. **Chile:** Exporta alrededor de 10,000 toneladas, aprovechando la temporada en el hemisferio norte.
5. **Colombia:** Exportaciones de aproximadamente 5,000 toneladas, en crecimiento.

### 2.3 Producción nacional

En México, la cosecha de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) es de gran importancia tanto económica como cultural. De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2023), la producción nacional de chile jalapeño llegó a cerca de 320,000 toneladas durante el periodo agrícola 2021-2022. Este aumento se atribuye a la optimización de los métodos de cultivo y al crecimiento de la demanda tanto en el mercado local como internacional. La superficie sembrada de chile jalapeño alcanzó aproximadamente 35,000 hectáreas, mientras que la superficie cosechada fue de alrededor de 30,000 hectáreas.

Los cinco estados líderes en la producción de chile jalapeño son:

1. **Veracruz:** Este estado encabeza la producción, contribuyendo con aproximadamente el 45% del total del país, debido a sus condiciones meteorológicas y de terreno propicias.
2. **Puebla:** Con una contribución cercana al 25%, Puebla se aprovecha de su tradición agrícola en la cosecha de chiles, entre ellos el jalapeño.
3. **Nuevo León:** Este estado constituye cerca del 10% de la producción, enfocándose en prácticas modernas de agricultura que mejoran el rendimiento.
4. **San Luis Potosí:** Contribuye con aproximadamente el 8%, sobresaliendo en la elaboración de variedades particulares de jalapeño.
5. **Guanajuato:** Con una participación del 6% en la producción, Guanajuato ha ampliado su gama de productos agrícolas, incluyendo el chile jalapeño como una cosecha clave.

Estos cinco estados desempeñan un papel crucial en la producción de chile jalapeño en México, subrayando la relevancia de este cultivo para la

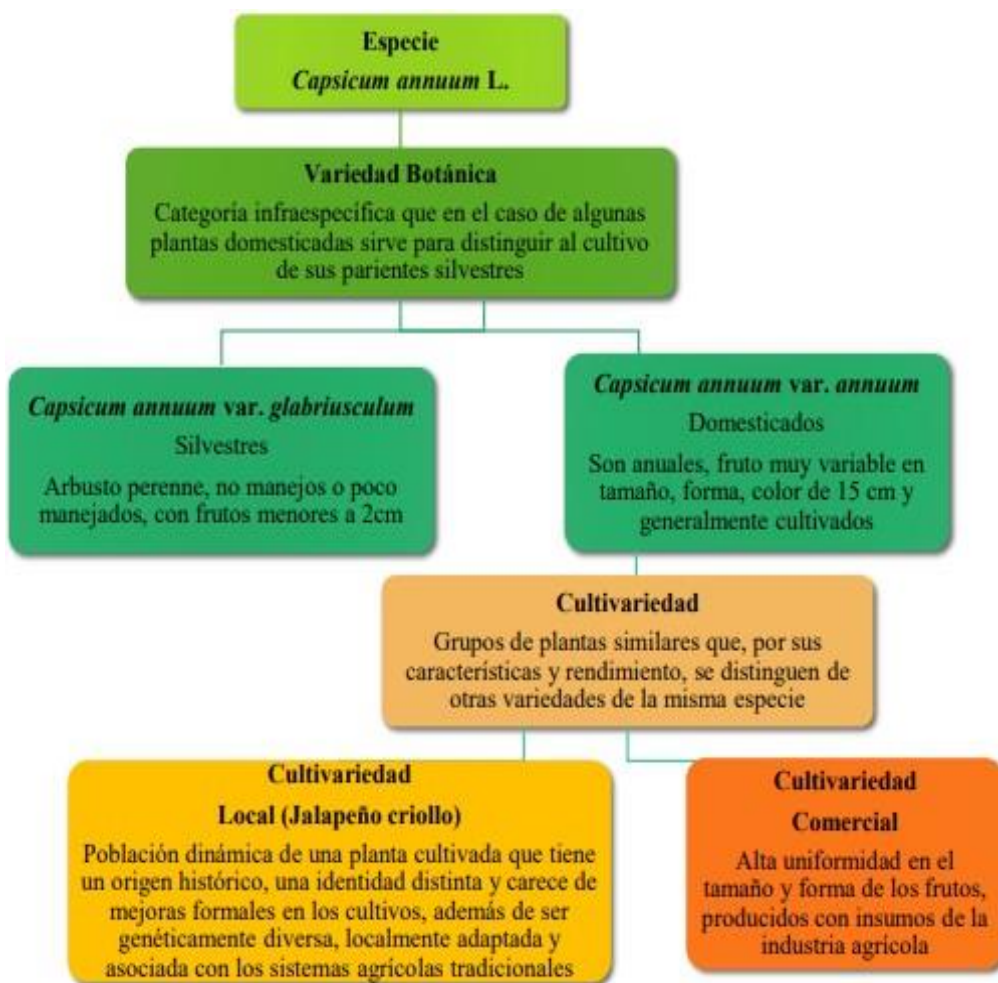
economía local y la tradición gastronómica de la nación. La mezcla de métodos de cultivo tanto tradicionales como modernos posibilita que México persista como un referente en la producción y exportación de este famoso chile.

## 2.4 Aspectos generales del cultivo

### 2.4.1 Taxonomía del cultivo

De acuerdo con Plantae Data Base (2024) el cultivo de chile jalapeño se clasifica dentro del orden de las *Solanales*, familia *Solanaceae*, genero *Capsicum*, especie *Capsicum annum*, variedad *annuum*.

En este sentido, una descripción de las variaciones en su morfología y clasificación a nivel de variedad y cultivariedad es expuesta y definida por Gaspar (2019), de la siguiente manera:



Fuente: Tomado de Gaspar (2019).

### 2.4.2 Fisiología del cultivo

El chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) es una planta vigorosa que alcanza una altura promedio de entre 0.8 y 1.5 metros (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010). Su follaje presenta una pubescencia que varía de ligera a intensa, con hojas ovaladas de aproximadamente 10 cm de longitud y pubescencia escasa. Las flores son axilares e individuales, con pedúnculos erectos durante la floración que pueden mantenerse erectos o tornarse pendulares al formarse el fruto. La corola está compuesta por pétalos blancos de 1 a 1.5 cm de ancho y anteras de tonalidad verde-azulada (Gaspar, 2019).

El fruto del chile jalapeño es una baya con características variables en tamaño, forma, color y sabor, alcanzando hasta 15 cm de longitud (Gaspar, 2019). Generalmente, los frutos son aromáticos, de un verde esmeralda intenso en las etapas iniciales de desarrollo, con una forma cónico-alargada. Desarrollan de 3 a 4 lóculos y una placenta bien distribuida que cubre aproximadamente el 90% de las paredes interiores (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010). Estas características hacen del chile jalapeño una especie de interés tanto agrícola como gastronómico.

### 2.4.3 Fenología del cultivo

En general las plantas del género *Capsicum* presentan un desarrollo fenológico similar, con única diferencia en la duración de cada etapa fenológica. Así, Soto-Ortiz y Silvertooth (2008) describieron 5 etapas fenológicas del cultivo las cuales inician o se definen en función de las unidades de calor acumuladas después del trasplante (HUAP), las cuales son: Trasplante a iniciación floral ( $954 \pm 254$  HUAP), plena floración ( $1349 \pm 306$  HUAP), amarre de fruto ( $1810 \pm 261$  HUAP), madurez fisiológica ( $2393 \pm 215$  HUAP) y madurez comercial ( $3159 \pm 220$  HUAP).

Otra forma de separación de las etapas fenológicas de la especie *Capsicum* considera el periodo de tiempo desde la siembra de la semilla, de esta manera, la primera etapa se define como etapa de plántula, la cual se comprende desde la emergencia de la radícula a los 3-5 días después de la siembra hasta la realización del trasplante a los 35-40 días después de la siembra. Debe considerarse que para que el trasplante se realice, la plántula deberá tener entre



12 a 15 cm de altura y entre 4 a 5 hojas verdaderas, por lo que el tiempo puede variar (Mundarain *et al.*, 2005).

El periodo de desarrollo vegetativo sucede a los 40-70 días después de la siembra y la floración inicia a los 70 a 93 días después de la siembra, mientras que la maduración de frutos inicia a los 85 días en variedades precoces y 107 días en variedades tardías (Fernandes *et al.*, 2004).

#### **2.4.4 Requerimientos edafoclimatológicos**

De acuerdo con Gaspar (2019) el chile jalapeño se desarrolla en zonas con climas que van desde los 16 a 26 °C, sin embargo, dentro del espectro analizado por este autor, el mayor número de registros se ubican en zonas con climas cercanos al valor máximo del rango mencionado.

El mismo autor menciona que los rangos de precipitación pluvial presentes en las zonas donde el cultivo es prospero es de 800 a 4000 mm anuales, siendo más común una precipitación de 1500 a 2000 mm.

Otras fuentes mencionan que el cultivo de chile es medianamente tolerante a la acidez y puede desarrollarse en suelos con pH de 5.5 a 6.8., con temperaturas diurnas de 24-30 °C y nocturnas de 9-12 °C (Aguirre-Mancilla *et al.*, 2017). Se desarrolla en diferentes tipos de suelos, de ligeros a pesados, siendo óptimos los francos arenosos, con buen drenaje, buena aireación y buena retención de humedad. Es tolerante de forma media a la salinidad y prefiere suelos con al menos 70 cm de profundidad (INIFAP, 2015).

#### **2.4.5 Composición química y valor nutritivo**

El género *Capsicum* se caracteriza por poseer los frutos con mayor contenido de ácido ascórbico. En frutos frescos se han detectado niveles de vitamina C que superan por el doble al contenido en limones y casi seis veces más que la toronja. Además, posee cantidades significativas de vitamina A, E y b y algunos minerales. Se ha descubierto que al incluir frutos del genero *Capsicum* en la alimentación, se estimula el flujo de saliva y jugos gástricos que mejoran la asimilación de proteínas contenidas en maíz y frijol (Aguirre & Muñoz, 2015).

Otros compuestos importantes en los frutos del género *Capsicum* son aquellos que otorgan sus propiedades de pigmentación y pungencia. De esta manera se reconocen alcaloides como la capsaicina e hidrocapsaicina (capsicinoides) y carotenoides como capsantina y capsorrubina responsables de la pigmentación de los frutos. Aunque se han descubierto más de 20 capsaicinoides, los dos mencionados anteriormente son responsables del 90% de la pungencia en los chiles. Esta pungencia se mide en unidades Scoville, y bajo esta escala de forma ascendente, el chile jalapeño se ubica en el cuarto lugar con 2500 a 5000 unidades Scoville, después del pimiento, Anaheim y Pasilla, aquellos que superan al jalapeño en esta escala son Serrano, Cera Amarilla, Cayenne, Chile Piquín, Chipotle desecado y habanero (Aguirre & Muñoz, 2015).

Ceniceros (2022) reporta que el chile jalapeño puede presentar variaciones en su contenido nutraceutico en función del esquema nutricional aplicado al cultivo, de esta manera el contenido de fenoles con fertilización química alcanza valores de 383.81 mg AGE/100 g mientras que con fuentes orgánicas puede alcanzar los 362.15 mg AGE/100 g. Los flavonoides medidos con nutrición química pueden alcanzar valores de 294.7 mg AGE/100 g mientras que con nutrición orgánica alcanzan 212.45 mg AGE/100 g. Respecto al contenido de capsaicina se observa que con fertilización química se alcanzan 0.2623 mg/L mientras que con abonos orgánicos un máximo de 0.5113 mg/L. Proteína total con fertilización química de 0.025 mg/100 g y 0.035 mg/L con abonos orgánicos, por último para vitamina C el autor reportó un valor de 66 mg/100 g con fertilización química mientras que con abonos orgánicos se obtuvo 88 mg/100 g.

Las propiedades físico-químicas del fruto de chile jalapeño presentan variaciones en el tiempo y en función del grado de maduración en el que se obtiene el producto. En frutos verdes se ha observado que el contenido de humedad se reduce de 93.7% a los 0 días a cosecha hasta 89.3% a los 15 días. La ceniza cambia de 0.9% a 0.5% en el mismo lapso, en tanto que el contenido de carbohidratos aumenta de 5.3% a 9.1%, acidez titulable de 0.09 a 0.06, por su parte, los grados Brix se incrementan de 5.2 a 6.3% mientras que el pH se reduce de 6.4 a 5.9 (Mendoza-Sánchez *et al.*, 2015). El mismo autor reporta

parámetros químicos medidos en ese mismo lapso de tiempo, observándose que el contenido de polifenoles se incrementa de 504.6 a 650.6 mg AGE/100 g de 0 a 15 días, el contenido de vitamina C se modifica de 95.1 a 145.5 mg/100 g de 0 a 45 días de cosecha, carotenoides totales de 1754.9 a 3450.2 mg/100 g de 0 a 15 días de cosecha, actividad antioxidante de 16.2% a 75.0% (expresado como porcentaje de oxidación de  $\beta$ -caroteno/linoleico de 0 a 20 días de cosecha) (Mendoza-Sánchez *et al.*, 2015).

## **2.5 Manejo agronómico del cultivo**

### **2.5.1 Requerimientos nutricionales**

Debido a la diversidad de variedades y sistemas de producción, es complejo determinar el requerimiento nutricional específico para el cultivo de chile jalapeño, sin embargo, en la mayoría de los reportes de ensayos realizados, se observan dos tipos de manejo nutricional. En aquellos en los que el cultivo se establece en suelo, el aporte se generalmente se expresa o es reportado en kilogramos del elemento por hectárea sembrada, lo que puede variar en función de la densidad de siembra, por otro lado, algunos otros estudios donde el cultivo se establece en sustratos inertes, sustratos orgánicos o en sistemas acuapónicos, el aporte se basa en una formula balanceada.

Díaz-Jose *et al.*, (2023) reporta la integración al suelo de 254 kg de N, 102 kg de P y 294 kg de K, cabe aclarar que este aporte se hizo en función del contenido mineral de un análisis de suelo. Por su parte, INIFAP (2015) sugiere tres formas de aporte mineral al suelo, en función de la etapa de la planta, de esta manera la primera estrategia de fertilización contempla en la etapa de siembra la integración de 225 kg/ha de DAP y 58 kg/ha de UREA, para la etapa de aclareo 125 kg de UREA, para inicio de floración 125 kg de UREA y para primer corte 125 kg de UREA, una segunda estrategia de fertilización sugiere la aplicación de 225 kg/ha de DAP, y 50 kg/ha de UREA en la siembra, 125 kg de UREA en aclareo, 125 kg/ha en floración y 80 kg/ha de amoniaco, por último una tercera estrategia de fertilización sugiere la integración de 225 kg/ha de superfosfato triple y 50 kg/ha de UREA, 125 kg/ha de UREA al aclareo y 125 kg de UREA en floración. Del mismo modo Aguirre-Mancilla *et al.*, (2017) menciona

que una fórmula que ha dado buenos rendimientos es aquella que se conforma por un aporte de 180-80-80 kg por hectárea de N-P-K respectivamente.

A nivel de investigación, sobre todo en sistemas de producción hidropónica o acuapónica, el requerimiento reportado cambia puesto que este se basa en una fórmula balanceada, generalmente, se utiliza una fórmula base, en estos casos la fórmula de Steiner (Steiner, 1961) la cual considera los siguientes aportes en mEq L: 12 (NO<sub>3</sub>), 1 (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), 7 (K), 9 (Ca), 4 (Mg), 7 (SO<sub>4</sub>) así como aportes de micronutrientes en ppm: 1.33 (Fe), 0.62 (Mn), 0.11 (Zn), 0.44 (B), 0.02 (Cu) y 0.048 (Mo), esta fórmula balanceada se basa en un balance de cargas entre cationes y aniones y se ha utilizado para nutrir el cultivo (García *et al.*, 2022; Sangerman-Jarquín *et al.*, 2023). Por su parte ACEA (2024) sugiere una fórmula para pimiento que bien pudiera ser balanceada y modificada para chile jalapeño, la cual se compone de los aportes en mEq L: 12.25 (NO<sub>3</sub>), 1.25 (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), 6 (K), 7.5 (Ca), 2.5 (Mg), 2.5 (SO<sub>4</sub>) así como aportes de micronutrientes en ppm: 0.56 (Fe), 0.56 (Mn), 0.26 (Zn), 0.27 (B), 0.03 (Cu) y 0.05 (Mo)

### **2.5.2 Labores culturales**

Dentro de las labores culturales consideradas para el chile jalapeño, se encuentra el deshierbe, el cual puede realizarse en función del tipo de siembra que se haya utilizado, ya sea para siembra directa o por trasplante. En siembra directa es más viable la utilización de herbicidas, sin embargo, en la siembra al trasplante, generalmente la hierba emerge después de los primeros riegos y debe cuidarse la aplicación de herbicidas y la mecanización del suelo (INIFAP, 2015)

Aunque existe poca información sobre algunas otras labores culturales, en la mayoría de los sistemas productivos, se emplea el tutorado para dar soporte a la carga de frutos de la planta, en este aspecto, el método español o de espalderas parece ser el más común, mediante la colocación de estacones a cada 2.5 a 3 m de distancia, en los cuales se coloca rafia de tutoreo a cada 30 cm de altura y con 30-40 cm de distancia entre hilos.

Otra labor realizada en muchos casos en chile jalapeño es el deshoje de la parte inferior a la primera bifurcación, con la intención de sanear y permitir mejor aireación a las plantas.

## 2.6 Biofertilizantes en la agricultura

### 2.6.1 Champiñonaza y/o extracto proteico de hongos

De acuerdo con Inca-Torres *et al.*, (2021) la producción intensiva de champiñón genera subproductos y desechos no aprovechables para fines de consumo humano, como tallos y champiñones de baja calidad comercial. Existen estudios que comprueban que estos residuos o subproductos poseen un alto contenido protéico (23-32% en peso seco), carbohidratos y compuestos que afectan de forma positiva a la salud humana como la ergotioneina y ergosterol (Cremades *et al.*, 2014; Bishop *et al.*, 2015).

Aunque comúnmente es el sustrato empleado para la reproducción del hongo *Agaricus bisporus* (champiñón) una vez composteado lo que se denomina champiñonaza y no el extracto proteico de los residuos de champiñón, se han detectado efectos bioestimulantes de esta composta sobre lechuga infectada con *R. solani*, promoviendo mejor desarrollo radicular y de hojas, incluso, se detectaron incrementos de genes de la lechuga relacionados con la biosíntesis de vitamina E y B6, además del potencial antioxidante (Cignola *et al.*, 2024).

Sin embargo, el uso de los extractos obtenidos de subproductos del procesamiento industrial del champiñón ha tenido aplicaciones en la industria químico-farmacéutica, alimentaria, cosmética o en la agronomía moderna (Inca-Torres *et al.*, 2021). Algunas harinas obtenidas de tallos de champiñón procesadas mediante hidrólisis enzimática reportan un contenido de 28.6% de proteína, 59.4% de carbohidratos, 3.52% de grasa cruda, 17.5% de fibra, 7.3% de humedad, 92.7% de materia seca, 8.83% de ceniza, 0.22% mg de ERG/g (ergotioneina), 3.9% mg de GAE/g (polifenoles) y 6.42 mg/g de ergosterol (Inca-Torres *et al.*, 2021).

Del mismo modo, se ha reportado que el uso de proteínas hidrolizadas de desechos o subproductos de champiñón han mostrado un efecto positivo sobre la germinación de semillas de maíz bajo un proceso de imbibición al 5% de concentración del extracto, además, se observó un incremento en el desarrollo radicular y desarrollo del brote en el mismo cultivo (Inca-Torres, 2024).

Por otro lado, es de importancia resaltar el hecho de que existe poca información sobre el uso de extractos específicos de *Agaricus bisporus* como bioestimulantes en cultivos de interés económico, por ello, es necesaria la ejecución de investigación en estos subproductos.

### **2.6.2 Hongos solubilizadores de fósforo**

Dentro del manejo nutricional de los cultivos, el P es uno de los elementos minerales más deficientes en la mayoría de los cultivos, estas deficiencias no concuerdan con las cantidades disponibles en los análisis del contenido mineral de suelos. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el consumo de fósforo por el cultivo es suplido mediante fuentes fertilizantes aplicadas de forma exógena, con las problemáticas que conlleva el uso de fuentes químicas (Patiño & Sanclemente, 2014).

Una alternativa que permite el aprovechamiento del fósforo mineral presente en la matriz del suelo son los microorganismos promotores del crecimiento vegetal, dentro de los cuales puede generarse una clasificación denominada “biofertilizantes”, estos a su vez, agrupan a los microorganismos solubilizadores de fósforo y los fijadores de nitrógeno (Parewa *et al.*, 2018).

Algunos estudios identifican a *Aspergillus flavus*, *Cladosporium* spp. y *Trichoderma longibrachiatum* como microorganismos con buena eficiencia en la solubilización de fósforo del suelo y efecto positivo en pruebas de campo, sobre variables como peso fresco y seco así como la acumulación del mineral en tejido foliar (Vargas & Castro, 2019).

En cultivo de papa se ha documentado también el uso e impacto benéfico de hongos como *Talaromyces pinophilus*, y *Penicillium albidum*, aplicados solos o de forma sinérgica con bacterias fijadoras de nitrógeno, observándose mayor movilidad de fósforo y mayor desarrollo radicular en este cultivo (Castillo *et al.*, 2024).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del experimento

El experimento se establecerá en el área experimental del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, situada en Buenavista, Saltillo, Coahuila en las coordenadas 25° 21'21.6'' N y 101° 02'10.3'' O con una altura de 1742 msnm.

#### 3.2 Material genético

En el experimento se emplearon plántulas de chile jalapeño obtenidas a partir de germinación de semillas del híbrido Baluarte F1 de la empresa Nongwoo Seed (Gyunggi-do, Republica de Korea). Este híbrido genera frutos con un peso promedio de 55-60 g, 11-12.5 cm de longitud y 5-6 cm de diámetro, paredes gruesas de color verde y alta pungencia, además presenta resistencia a *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, razas 1,2 y 3 (Nongwoo Seed, 2024)

#### 3.3 Manejo agronómico

##### Preparación del terreno

Se prepararon camas de cultivo de 40 m de largo, con una distancia entre-camas de 1.60 m, un ancho de 0.80 m y alto de 0.30 m. Se colocó cintilla de riego con emisores a cada 0.20 m, con un gasto de agua de 1.02 L hora<sup>-1</sup> y se acolcharon con cubierta de polietileno color plata.

##### Trasplante

El trasplante se realizó 30 días después de la siembra, se utilizó un sistema tresbolillo, con una distancia entreplantas de 0.30 m.

##### Deshierbe

Cada semana se realizaba el deshierbe de forma manual.

##### Tutorado

Se utilizó tutorado tradicional con estacas a 4 m e hilo de rafia en ambos costados de la planta. Se colocaron hilos a los 20, 40 y 60 cm de altura de la planta.

## Nutrición

La nutrición se llevó a cabo de acuerdo a una solución Steiner modificada para pimiento (ACEA, 2021) al 100%, aplicada en cada riego.

### 3.4 Diseño experimental

El experimento se estableció con un diseño de Bloques completos al azar. Se evaluarán los siguientes tratamientos, los cuales se aplicaron vía drench (a la base del tallo). Se realizarán tres aplicaciones durante el ciclo: a las 2 semanas después del trasplante, 40 días después del trasplante y 60 días después del trasplante.

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo
T2	Extracto proteico de champiñonaza
T3	Extracto proteico de champiñonaza + fósforo soluble

### 3.5 Variables evaluadas

Se realizaron mediciones periódicas que permitieron generar datos para la evaluación de variables de crecimiento; además también se evaluó el rendimiento y calidad del fruto después de la cosecha, las cuales se definen como sigue:

**Variables de crecimiento.** Estas variables se midieron cada semana.

**Altura de planta:** Empleando flexómetro se midió el espacio entre la base de la planta y el ápice. El resultado se expresó en cm planta<sup>-1</sup>.

**Diámetro de tallo:** Empleando un vernier digital, se midió el diámetro de tallo, realizando dicha medición en la sección del tallo ubicada a 2 cm del suelo para uniformizar medición. El resultado se expresó en mm.

**Número de entrenudos:** Se realizó un conteo mecánico de los entrenudos presentes en la planta.

**Distancia de entrenudos.** Con un flexómetro se midió la distancia comprendida entre dos nudos. El resultado se expresó en cm.



### **Variables de fisiología del crecimiento.**

**Unidades SPAD (clorofila):** Se midió con un medidor de clorofila portátil de plantas marca MaquiGra, realizando esta medición a los 60 DDT.

**Temperatura.** Se midió con el mismo medidor, expresando el resultado en °C.

**Variables de productividad.** Se realizaron 2 cortes o cosechas, obteniéndose el total de frutos de todas las plantas que conformaban cada tratamiento y repetición. Se midió:

**Número de frutos:** Se contabilizó el número de frutos obtenidos en cada corte para cada tratamiento y repetición.

**Peso del fruto:** Se pesaron todos los frutos obtenidos de cada tratamiento y repetición, el resultado se expresó en kg.

**Variables de calidad del fruto.** Para las siguientes variables, se tomaron 3 frutos al azar de cada tratamiento y repetición en los cortes realizados, y se midió:

**Largo de fruto:** Utilizando un vernier digital se midió el largo de fruto. El resultado se expresó en mm.

**Ancho de fruto:** Utilizando un vernier digital se midió el ancho de fruto. El resultado se expresó en mm.

**Firmeza:** Con un penetrómetro analógico se midió la firmeza de las paredes del fruto, expresando el resultado en lbf.

**Grosor de mesocarpo:** Se realizó un corte transversal del fruto el cual permitió medir el grosor del mesocarpo, el resultado se expresó en mm.

### **3.6 Análisis estadístico**

Los datos obtenidos se analizaron con el modelo estadístico de bloques completos al azar. Para las variables de crecimiento se realizó una prueba de comparación de medidas repetidas en el tiempo (MANOVA), con una prueba de Hotelling. Para las demás variables se realizó un análisis de varianza (ANOVA)

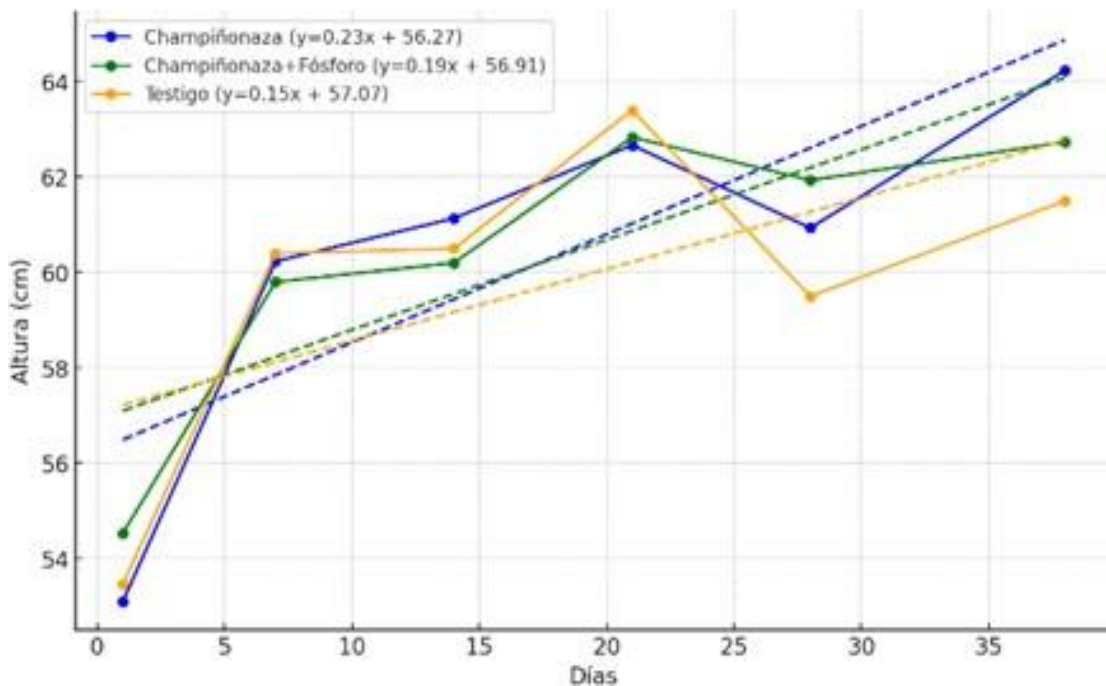
( $p \leq 0.05$ ) y una prueba de comparación de medias de LSD de Fisher ( $p \leq 0.05$ ), empleando el programa estadístico Infostat v. 2016 (Infostat Inc., Córdoba, Argentina). Las gráficas se realizaron con la herramienta PlotAI, (OpenAI, 2024), graficando las medias y el error estadístico.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Crecimiento

En la Gráfica 1 se presenta la tendencia de la altura de las plantas (cm) bajo tres tratamientos: Testigo, Ch (champiñonaza) y Ch+P (champiñonaza + fósforo solubilizado) durante 36 días. Aunque en el análisis multivariado de medidas repetidas en el tiempo no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, se aprecia una tendencia general de crecimiento similar en las tres condiciones. Los valores finales de altura fueron de 64.23 cm para Ch, 62.73 cm para Ch+P y 61.50 cm para el Testigo, destacándose que el tratamiento Ch presentó consistentemente los valores más altos hacia el día 36. En contraste, el Testigo experimentó un ligero descenso tras alcanzar su máximo en el día 22, mientras que los tratamientos con champiñonaza mostraron una respuesta más sostenida, con una estabilización hacia el final del periodo evaluado. Estos resultados podrían indicar que los tratamientos con champiñonaza favorecen un crecimiento más sostenido en comparación con el Testigo.

**Gráfica 1.** Tendencia del crecimiento en la altura de plantas de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.



*Prueba Hotelling. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

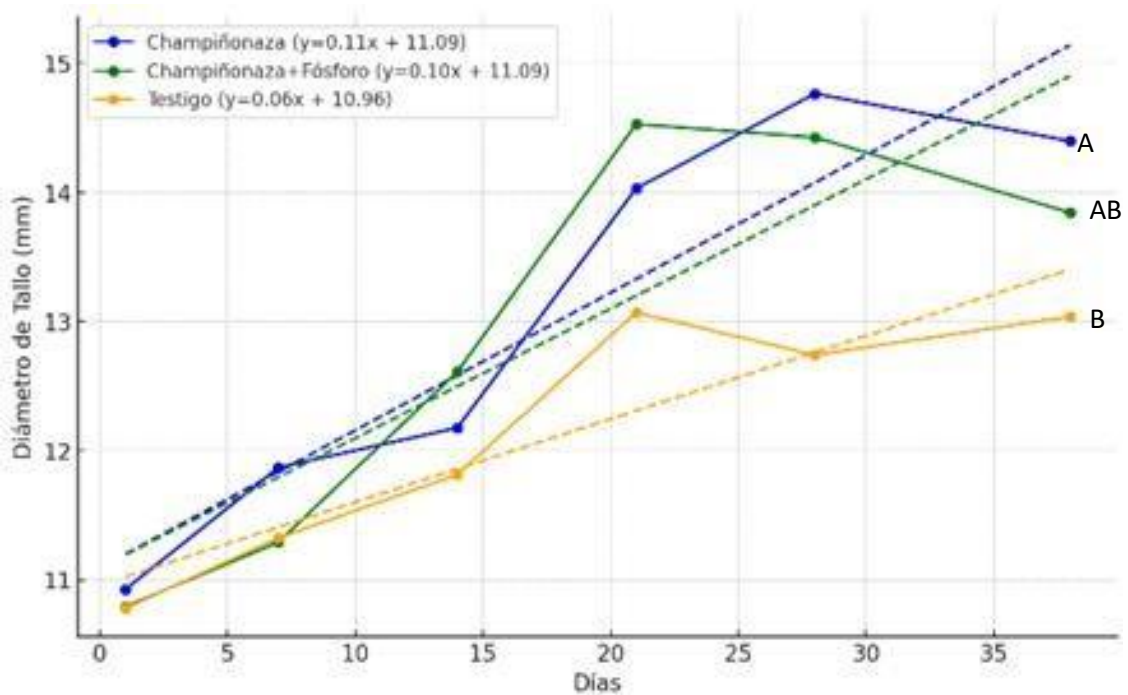
Gomes *et al.* (2019), al evaluar diferentes líneas genéticas de chile jalapeño, reportaron alturas promedio de 0.50 m, valores inferiores a los obtenidos en esta investigación. Esto puede deberse a las características genéticas de las líneas evaluadas. Cabe destacar que, en cultivos de chile jalapeño, se prefieren plantas más compactas, ya que esta característica facilita su manejo agronómico, especialmente durante la cosecha, y reduce la necesidad de sistemas de soporte como el tutoreo, lo que puede traducirse en menores costos de producción. Por su parte, Délano-Frier *et al.* (2024) llevaron a cabo un estudio con el híbrido PS11435807 de la casa comercial SEMINIS, al que aplicaron un biofertilizante a base de *Enterobacter* y *Bacillus subtilis*. Los resultados de su investigación tampoco mostraron diferencias significativas en la altura de las plantas en comparación con un testigo sin inocular, lo que sugiere que la aplicación de biofertilizantes podría no tener un efecto directo sobre el crecimiento vertical en este tipo de cultivos. Esto refuerza la idea de que, en el caso del chile jalapeño, los biofertilizantes pueden influir en otros aspectos del desarrollo y productividad de la planta más que en su altura, dependiendo de factores como el tipo de biofertilizante utilizado, la disponibilidad de nutrientes en el suelo y las características genéticas del material evaluado.

La tendencia del crecimiento del diámetro del tallo (mm) bajo tres tratamientos durante 36 días se muestra en la Gráfica 2. El análisis de medidas repetidas en el tiempo reveló diferencias significativas entre los tratamientos, con el tratamiento Ch mostrando el mayor diámetro promedio del tallo (14.11 mm), siendo estadísticamente superior al Testigo, que presentó el menor diámetro promedio (13.04 mm). Por su parte, el tratamiento Ch+P alcanzó un valor intermedio de 13.84 mm. Estos resultados sugieren que la aplicación de champiñonasa promueve un engrosamiento significativo del tallo en comparación con el Testigo.

Délano-Frier *et al.* (2024), en contraste con los resultados de esta investigación, no observaron diferencias significativas en el diámetro del tallo al aplicar rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV) en comparación con plantas no inoculadas. Además, los valores reportados en su estudio fueron menores a los obtenidos en este trabajo, con diámetros de tallo alrededor de 10 mm. Es importante destacar que, en cultivos de chile jalapeño, se buscan tallos

con diámetros más gruesos, ya que estos incrementan la robustez estructural de la planta, lo que a su vez mejora su capacidad para soportar la carga de frutos, reduce el riesgo de volcamiento y puede contribuir a un manejo más eficiente del cultivo.

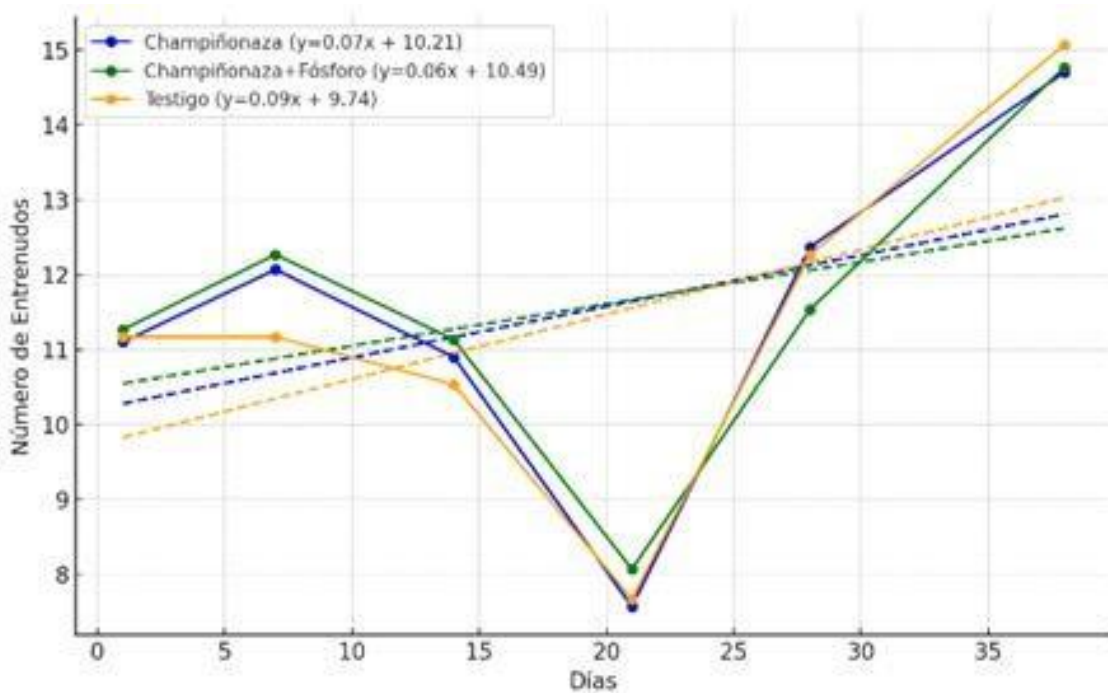
**Gráfica 2.** Tendencia del crecimiento del diámetro de tallo de plantas de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.



*Prueba Hotelling. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

En la Gráfica 3, se presenta la tendencia del número de entrenudos bajo tres tratamientos durante 36 días. Según el análisis de varianza de medidas repetidas en el tiempo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, se observó una disminución notable en el número de entrenudos alrededor del día 22, con valores mínimos de 8.07 en Ch+P, 7.67 en el Testigo y 7.57 en Ch. Posteriormente, todos los tratamientos mostraron un incremento hacia el día 36, alcanzando valores máximos de 15.07 en el Testigo, 14.77 en Ch+P y 14.70 en Ch. Esto refleja una tendencia consistente entre los tratamientos, aunque sin diferencias significativas en los valores observados.

**Gráfica 3.** Tendencia del número de entrenudos en plantas de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.



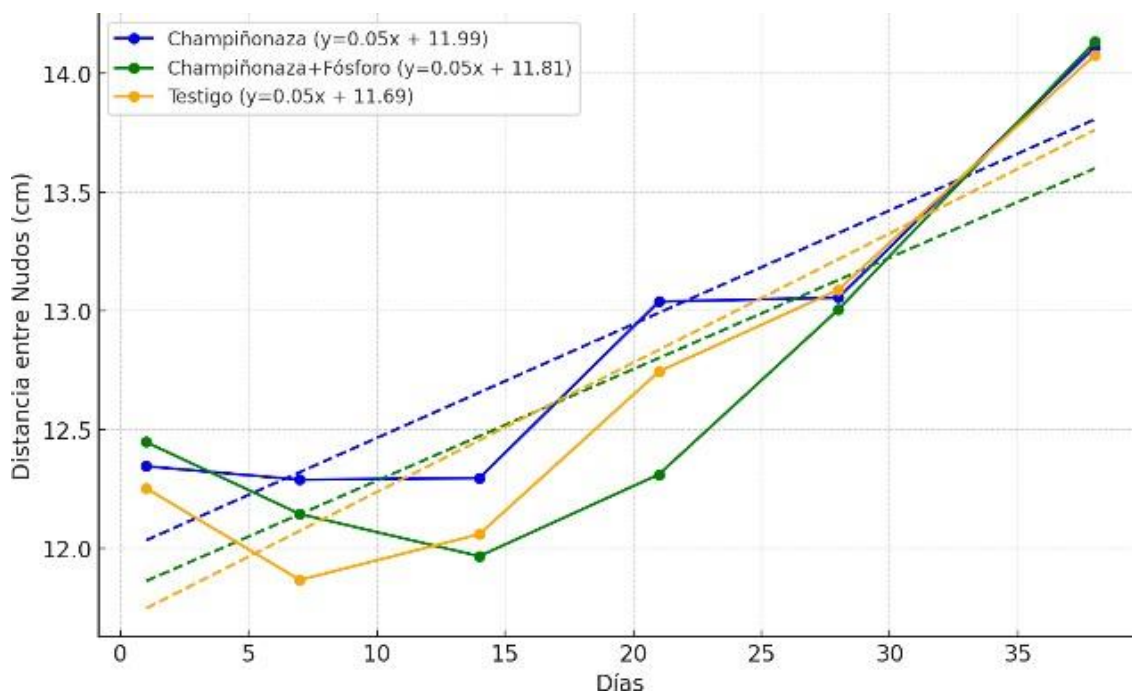
*Prueba Hotelling. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

En la Gráfica 4 se muestra la tendencia de la distancia entre entrenudos (cm) bajo tres tratamientos durante 36 días. Según el análisis de varianza de medidas repetidas en el tiempo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Al día 36, el tratamiento Ch mostró la mayor distancia entre entrenudos, con 14.11 cm, seguido del Testigo con 14.08 cm, y Ch+P con 14.14 cm. Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, los resultados sugieren tendencias similares entre los tratamientos, con incrementos graduales hacia el final del periodo evaluado.

Vlahova (2020), al utilizar biofertilizantes elaborados a partir de humus de compostaje con residuos agrícolas, reportó un menor número de entrenudos en plantas de chile de la variedad Kurtovska Kapiya 1619, con un promedio de 9.3 entrenudos por planta, lo cual es inferior a los valores obtenidos en esta investigación. No obstante, la aplicación de estos biofertilizantes mostró un incremento significativo en comparación con las plantas no tratadas, las cuales presentaron un promedio de 7.5 entrenudos por planta. Estos resultados resaltan el efecto positivo de los biofertilizantes en el desarrollo estructural del cultivo,

aunque el impacto puede variar dependiendo del tipo de fertilizante utilizado y las condiciones específicas del experimento.

**Gráfica 4.** Tendencia de la distancia entrenudos en plantas de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.

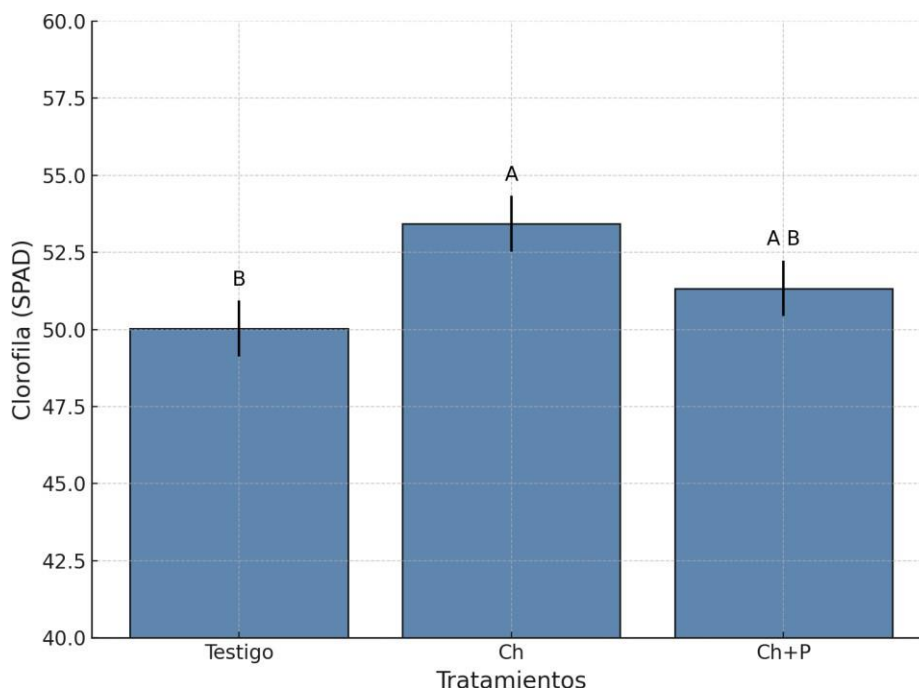


*Prueba Hotelling. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

### Fisiología en el crecimiento

En la Gráfica 5 se presentan los niveles de clorofila (SPAD) bajo tres tratamientos, donde se identificaron diferencias significativas según el análisis de varianza y la prueba de medias LSD de Fisher. El tratamiento Ch mostró el valor más alto de clorofila con 53.43 SPAD, lo que representa un incremento del 6.8% en comparación con el Testigo, que obtuvo un valor de 50.03 SPAD. Este resultado resalta el impacto positivo de la champiñonaza en la acumulación de clorofila, lo cual podría estar relacionado con una mayor eficiencia fotosintética y un potencial crecimiento más vigoroso. El tratamiento Ch+P alcanzó un valor intermedio de 51.33 SPAD, siendo un 2.6% superior al Testigo, aunque no logró superar estadísticamente al tratamiento con Ch.

**Gráfica 5.** Contenido de clorofila en hojas de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.



*Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

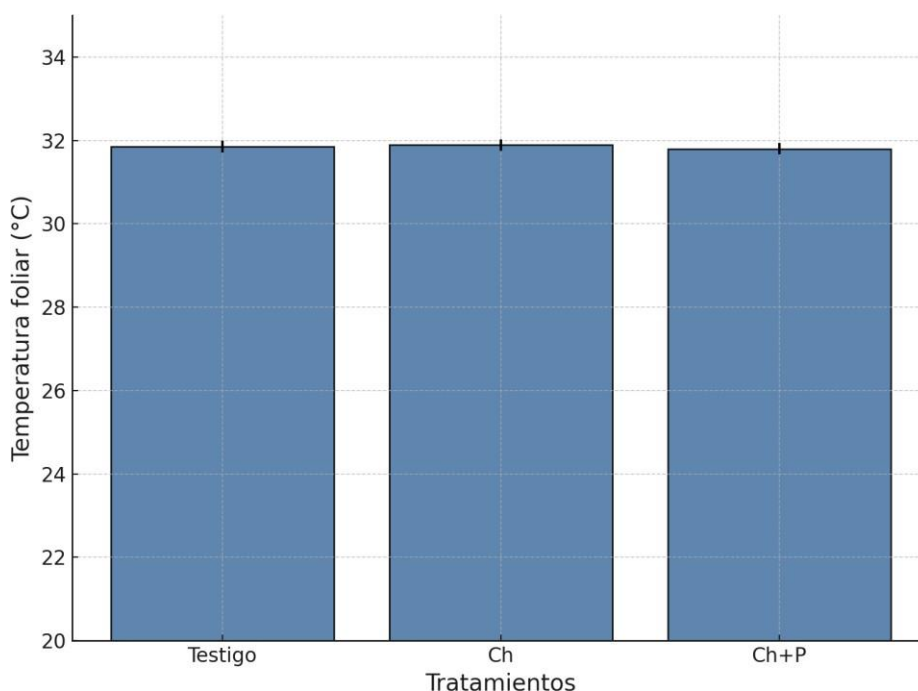
En la Gráfica 6 se muestra la temperatura foliar ( $^{\circ}\text{C}$ ) bajo los tres tratamientos. Según el análisis de varianza y la prueba de medias LSD de Fisher, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Los valores promedio fueron muy similares:  $31.85^{\circ}\text{C}$  para el Testigo,  $31.89^{\circ}\text{C}$  para Ch, y  $31.80^{\circ}\text{C}$  para Ch+P. Esto indica que ninguno de los tratamientos tuvo un impacto diferencial en la temperatura foliar, sugiriendo que esta variable estuvo más influenciada por factores externos como las condiciones ambientales, que por los tratamientos aplicados.

Urías-Salazar *et al.* (2024), al aplicar hongos micorrízicos arbusculares, reportaron valores de clorofila similares a los obtenidos en esta investigación, con un promedio de 54 unidades SPAD en plantas de la variedad Jalapeño M de la casa comercial Vita Hortaflor. Este resultado destaca el potencial de las micorrizas para mejorar la eficiencia fotosintética en cultivos de chile. Por otro lado, en cuanto a la variable temperatura, Canul Tun (2013), trabajando con los cultivares SWG-42 y SWG-46 de pimiento morrón, reportó un



acumulado de aproximadamente 111 unidades calor, lo que refleja las exigencias térmicas necesarias para el desarrollo óptimo de estos cultivares en condiciones controladas.

**Gráfica 6.** Temperatura foliar de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.



*Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

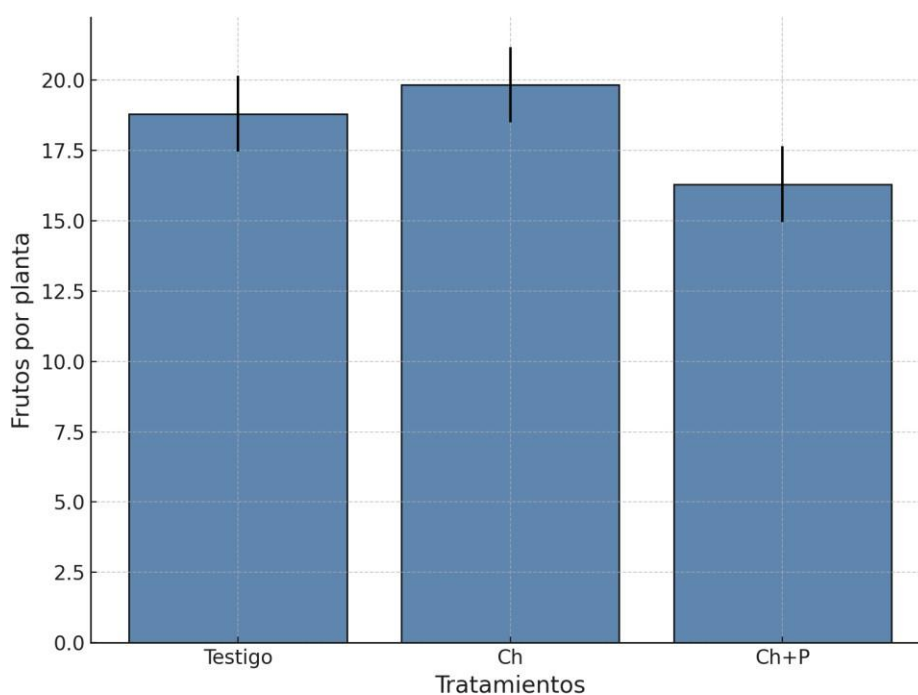
## Rendimiento

En la Gráfica 7 se presenta el número de frutos por planta bajo los tres tratamientos. Aunque no se observaron diferencias significativas en el análisis de varianza ni en la prueba de medias LSD de Fisher, se observó que el tratamiento Ch mostró el mayor promedio con 19.83 frutos por planta, seguido por el Testigo con 18.80 frutos por planta, y finalmente Ch+P con 16.30 frutos por planta. Al escalar estos valores a frutos por hectárea, considerando una densidad de plantación de 4.16667 plantas por metro cuadrado (41,666.7 plantas por hectárea), se obtuvieron los siguientes valores: 826,250 frutos/ha para Ch, 783,333 frutos/ha para el Testigo y 679,167 frutos/ha para Ch+P. Estos resultados indican que, aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas, el tratamiento con champiñonasa (Ch) mostró una ligera tendencia

a incrementar el número de frutos por planta y, por ende, el número total de frutos por hectárea en comparación con los otros tratamientos.

Gomes *et al.* (2019) reportaron un mayor número de frutos por planta, alcanzando hasta 43 chiles, cifras significativamente superiores a las obtenidas en esta investigación. Sin embargo, no especifican el número de cosechas realizadas, lo que podría influir en la interpretación de sus resultados. Por otro lado, Urías-Salazar *et al.* (2024), al inocular micorrizas en plantas de chile jalapeño, lograron obtener hasta 17 frutos por planta, valores que son comparables a los registrados en esta investigación. Esto resalta el impacto que los diferentes manejos agronómicos y el uso de biofertilizantes pueden tener en la productividad del cultivo.

**Gráfica 7.** Número de frutos por planta de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.

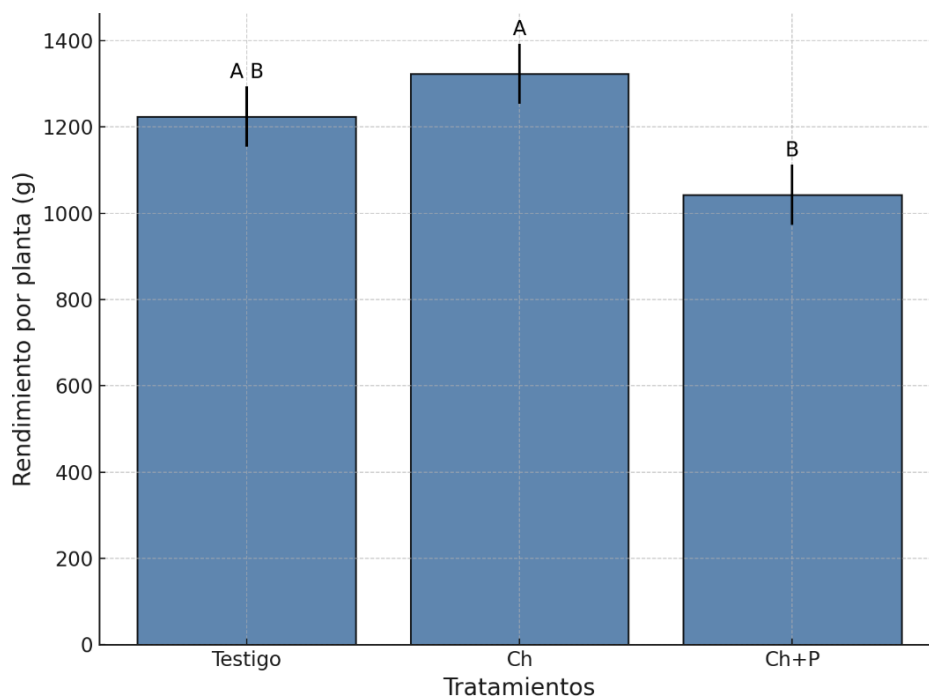


*Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

El rendimiento por planta se presenta en la Gráfica 8, donde se observa el comportamiento de las plantas ante la aplicación de los tres tratamientos. Según el análisis de varianza y la prueba de medias LSD de Fisher, el tratamiento Ch mostró el mayor rendimiento promedio con  $1323.17 \text{ g planta}^{-1}$ , seguido por el Testigo con  $1223.83 \text{ g planta}^{-1}$ , mientras que Ch+P presentó el

menor rendimiento con 1042.33 g planta<sup>-1</sup>. El rendimiento del tratamiento Ch fue un 27% mayor en comparación con Ch+P, lo que demuestra una diferencia significativa entre estos tratamientos. Escalando los resultados a toneladas por hectárea, considerando una densidad de plantación de 41,666.7 plantas por hectárea, Ch alcanzó un rendimiento de 55.13 t ha<sup>-1</sup>, seguido por el Testigo con 50.99 t ha<sup>-1</sup> y Ch+P con 43.43 t ha<sup>-1</sup>. Estos datos resaltan que la aplicación de champiñonaza permite maximizar significativamente la producción por hectárea en comparación con el uso combinado de champiñonaza y fósforo solubilizado.

**Gráfica 8.** Rendimiento por planta de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.



*Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

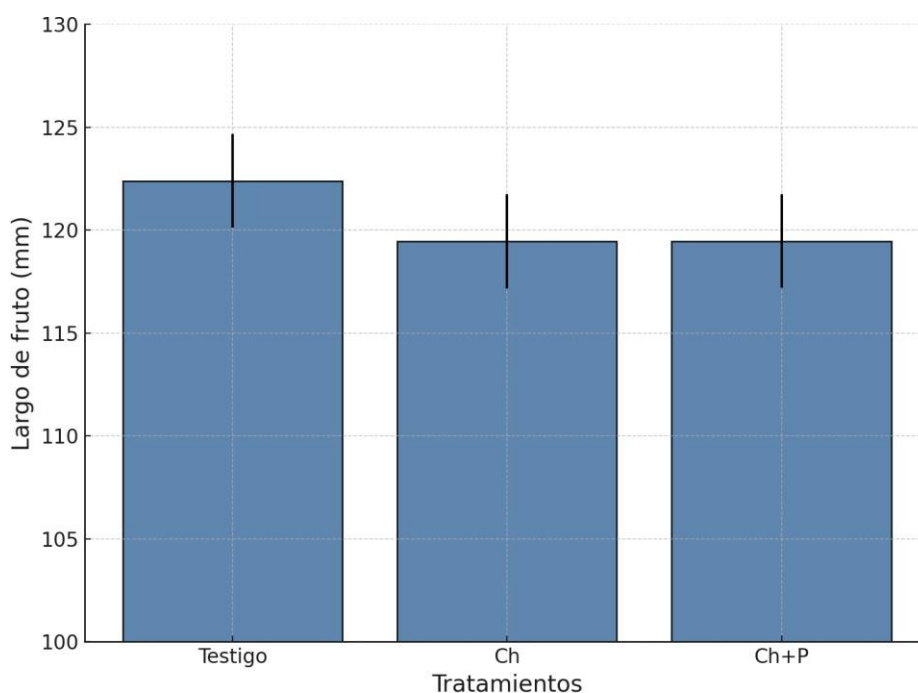
Délano-Frier *et al.* (2024) reportaron rendimientos de hasta 6 kg por planta al aplicar una combinación de *Enterobacter* y *Bacillus subtilis*. Este resultado destaca el potencial de los biofertilizantes para mejorar el rendimiento, ya que actúan promoviendo el crecimiento vegetal mediante la producción de fitohormonas, la solubilización de nutrientes esenciales como fósforo y potasio, y el fortalecimiento del sistema radicular. Estas interacciones entre las bacterias benéficas y las plantas no solo optimizan la disponibilidad de nutrientes en el suelo, sino que también mejoran la eficiencia de su absorción, lo que se traduce en un mayor desarrollo vegetativo y productivo (Santillano-Cázares *et al.*, 2022).

Estos efectos pueden ser especialmente relevantes en cultivos de alto valor como el chile jalapeño, donde el rendimiento es una variable crítica para la rentabilidad del sistema productivo.

### Calidad de fruto

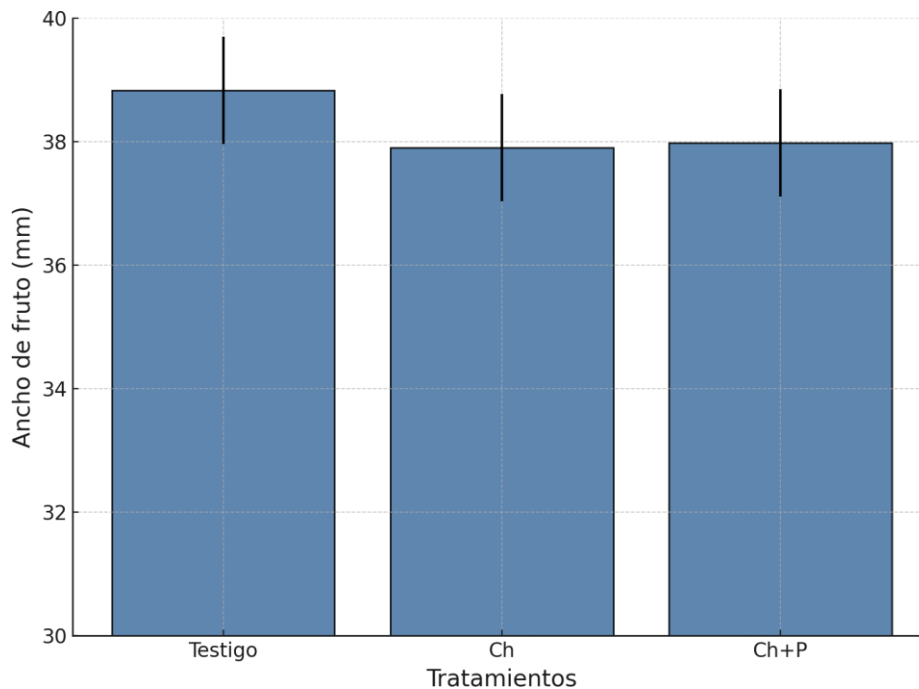
En las gráficas 9 y 10 se presentan el largo y ancho de fruto (mm) bajo los tres tratamientos, respectivamente. Según el análisis de varianza y la prueba de medias LSD de Fisher, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para estas variables. En cuanto al largo de fruto, los valores promedio fueron de 122.39 mm para el Testigo, 119.45 mm para Ch y 119.46 mm para Ch+P, mostrando tendencias similares en todas las condiciones. Para el ancho de fruto, los valores promedio fueron de 38.83 mm para el Testigo, 37.90 mm para Ch y 37.98 mm para Ch+P, sin diferencias marcadas entre los tratamientos. Estos resultados sugieren que ni la champiñonaza sola ni combinada con fósforo solubilizado tuvieron un impacto significativo en las dimensiones del fruto, indicando que estas características pueden estar más influenciadas por factores genéticos o ambientales que por los tratamientos aplicados.

**Gráfica 9.** Largo de frutos de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.



*Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

**Gráfica 10.** Ancho de frutos de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.



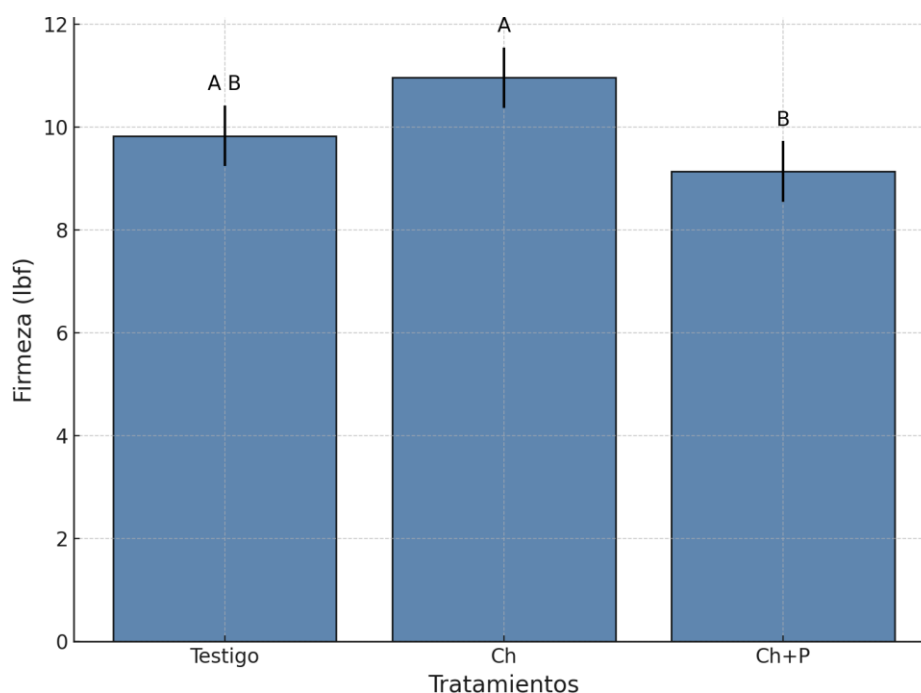
Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Adame-García *et al.* (2024), al utilizar la variedad Dante F1 de Harris Moran®, aplicaron un consorcio de biofertilizantes compuesto por *Trichoderma harzianum*, *Rhizobium sp.*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* y *Beauveria bassiana*. Los resultados obtenidos fueron comparables a los registrados en esta investigación. Sin embargo, estos biofertilizantes mostraron diferencias significativas en comparación con el testigo sin inoculación, logrando incrementos del 8.6% en la longitud del fruto y del 8.3% en su ancho. Y aunque en esta investigación no se lograron diferencias significativas, estos resultados destacan el impacto positivo de los biofertilizantes en la mejora de las características físicas del fruto.

En la Gráfica 11 se presenta la firmeza del fruto (lbf) bajo los tres tratamientos. Según el análisis de varianza y la prueba de medias LSD de Fisher, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento Ch mostró la mayor firmeza promedio con 10.96 lbf, seguido del Testigo con 9.83 lbf, mientras que Ch+P presentó el menor valor con 9.14 lbf. La firmeza en el tratamiento Ch fue un 20% mayor en comparación con Ch+P, destacando el impacto positivo de la champiñonaza en esta variable de calidad del fruto. Los

resultados muestran que el uso exclusivo de champiñonaza contribuye a una mayor firmeza del fruto, lo cual podría estar asociado con una mejor calidad postcosecha y mayor resistencia mecánica en comparación con el uso combinado de champiñonaza y fósforo solubilizado. Mendoza-Sánchez *et al.* (2015) reportaron frutos con una firmeza de hasta 5.12 N, valores que, aunque significativos, son inferiores a las 10 lbf registradas en esta investigación.

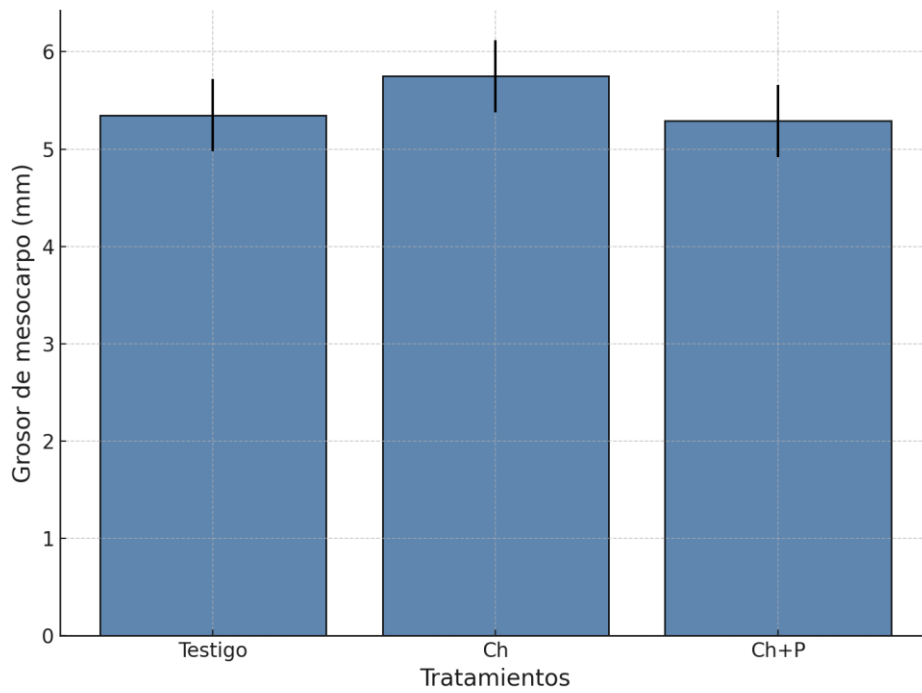
**Gráfica 11.** Firmeza de frutos de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.



*Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

Vlahova (2020), al trabajar con la variedad Kurtovska Kapiya 1619, obtuvo resultados similares a los registrados en esta investigación en la variable de grosor de mesocarpo, con un grosor promedio del fruto de 4.8 mm en algunos tratamientos con biofertilizantes. En su estudio, se reportó un incremento significativo en comparación con el testigo, que presentó un grosor promedio de 4.1 mm. Esto destaca la eficacia de los biofertilizantes en mejorar las características físicas del fruto, resaltando su potencial para optimizar la calidad en cultivos hortícolas, incluso bajo diferentes condiciones y variedades.

**Gráfica 12.** Grosor de mesocarpo de frutos de chile jalapeño, ante la aplicación de champiñonaza.



*Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).*

## V. CONCLUSIONES

La aplicación de champiñonaza, ya sea sola o combinada con fósforo solubilizado, tiene un impacto positivo en algunas variables relacionadas con el crecimiento, rendimiento y calidad de las plantas y frutos de chile jalapeño. Sin embargo, la efectividad de los tratamientos varió dependiendo de la variable evaluada. En el crecimiento vegetativo, aunque no se encontraron diferencias significativas en la altura de las plantas y el número de entrenudos, el tratamiento con champiñonaza mostró tendencias a un crecimiento más sostenido en comparación con el testigo, además de un incremento significativo en el diámetro del tallo, lo que resalta su capacidad para mejorar la estructura de las plantas. En cuanto al contenido de clorofila, la champiñonaza demostró ser efectiva al aumentar significativamente los niveles de clorofila (SPAD), sugiriendo una mayor eficiencia fotosintética y un potencial crecimiento más vigoroso. En el caso del rendimiento y número de frutos, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, el tratamiento con champiñonaza mostró una tendencia a incrementar ambos parámetros, lo que sugiere su viabilidad para maximizar la productividad del cultivo. Respecto a la calidad del fruto, el tratamiento con champiñonaza destacó por un incremento significativo en la firmeza, lo que implica una mejora en la calidad post-cosecha y la resistencia mecánica de los frutos. Aunque no se observaron diferencias significativas en el largo y ancho de los frutos, los valores obtenidos fueron comparables con otros estudios, lo que subraya la consistencia de la champiñonaza en mantener estándares de calidad.

Por otro lado, es importante señalar que en algunas variables, como el rendimiento por planta y la firmeza del fruto, la aplicación del tratamiento combinado de champiñonaza con fósforo solubilizado (Ch+P) fue inferior incluso al testigo, lo que indica que la interacción entre estos insumos puede no ser sinérgica en este caso y podría requerir ajustes en las proporciones o aplicaciones por separado. En general, los resultados demuestran que la champiñonaza, aplicada de manera exclusiva, es un biofertilizante prometedor para mejorar aspectos específicos del desarrollo y calidad del cultivo de chile jalapeño, destacando su potencial como herramienta para la agricultura sostenible.



## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Rincón, V. H., T. Corona Torres, P. López López, L. Latournerie Moreno, M. Ramírez Meraz, H. Villalón Mendoza & J. A. Aguilar Castillo. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, ITConkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.
- Aguirre Hernández, E. & Muñoz Ocotero, V. 2015. El chile como alimento. *Revista Ciencias*, 66(3), 16-23.
- Bakhshayesh, M., Sadraei, H., & Jafarizadeh, A. (2021). Capsaicin: a natural compound with potential health benefits. *Journal of Nutritional Science*, 10, e7.
- Bishop, K. S., Kao, C. H. J., Xu, Y., Glucina, M. P., Paterson, R. R. M., & Ferguson, L. R. (2015). *From 2000years of Ganoderma lucidum to recent developments in nutraceuticals. Phytochemistry*, 114, 56–65. doi:10.1016/j.phytochem.2015.02.015 10.1016/j.phytochem.2015.02.015
- Canul Tun. E. C. (2013). Pimiento (*Capsicum annuum* L.) Cultivado sobre películas de acolchado plástico de colores en condiciones de casa sombra: Efectos sobre el crecimiento, absorción de nutrientes y rendimiento de frutos. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Agroplasticultura. Centro de Investigación de Química Aplicada.
- Castillo, Claudia, Hormazábal, Nelson, Solano, Jaime, & Morales, Alfredo. (2023). Co-inoculación de hongos micorrícicos arbusculares y hongos solubilizadores de fósforo sobre un andisol cultivado con papa variedad Desirée. *Idesia (Arica)*, 41(1), 27-33. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292023000100027>
- Ceniceros J. (2022). “Rendimiento, Calidad e Inocuidad de Chile Jalapeño (*Capsicum annuum*) con Fertilización Orgánica”. (Tesis de maestría). Universidad Juárez del estado de Durango. <http://repositorio.ujed.mx/jspui/bitstream/123456789/194/1/Rendimiento>

[%2c%20Calidad%20e%20Inocuidad%20de%20Chile%20Jalape%c3%b1o%20%28Capsicum%20annuum%29%20con%20Fertilizaci%c3%b3n%20Org%c3%a1nica.pdf](#)

Cignola R, Carminati G, Natolino A and Di Francesco A (2024) Effects of bioformulation prototype and bioactive extracts from (*Agaricus bisporus*) spent mushroom substrate on controlling (*Rhizoctonia solani* of *Lactuca sativa* L.) Front. Plant Sci. 15:1466956. doi: 10.3389/fpls.2024.1466956 <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2024.1466956/abstract>

Délano-Frier, J. P., Flores-Olivas, A., & Valenzuela-Soto, J. H. (2024). Bio-Inoculation of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and Jalapeño Pepper (*Capsicum annuum* L.) with *Enterobacter* sp. DBA51 Increases Growth and Yields under Open-Field Conditions. *Agronomy*, 14(4), 702.

Díaz-José, J., Andrés-Meza, P., González-Cuevas, B.M., Leyva-Ovalle, O.R., Cebada-Merino, M. (2023). Chemical and organic fertilization on the yield of serrano pepper (*Capsicum annuum* L.) in Veracruz, Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 10, e1472. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1472>

FERNANDES Da S., D. F; CARMO O., M; PINHEIRO M., L. H.; NODA, H.; MANOARES M., F. 2004. Diversidade Fenotípica em Pimenteiras Cultivadas na Amazônia. Associação Brasileira de Horticultura. Anais CBO 2004

García, J. A., Cuevas, F. D. M., Viveros, J. A. F., Mireles, H. C., & Castillo, R. C. (2024). Efecto de bioestimulantes microbianos en plántulas y frutos de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) producidos en macrotúnel.: Bioestimulantes en chile jalapeño. *Revista Bio Ciencias*, 11.

García, J., Martínez, R., & Pérez, L. (2023). Effects of biofertilizers on growth and yield of jalapeño pepper. *Horticultura Brasileira*, 41(2), 123-130.

Gaspar T. (2019). "Etnobotánica y caracterización morfológica del chile jalapeño criollo (*Capsicum annuum* var. *annuum* L.). en la región centro de

Veracruz" (Tesis de maestría). Universidad Veracruzana.  
[https://www.uv.mx/met/files/2019/10/Thania Francely Gaspar Moctezuma.pdf](https://www.uv.mx/met/files/2019/10/Thania_Francely_Gaspar_Moctezuma.pdf)

Gomes, L. M., Ribeiro, C. S. D. C., Ragassi, C. F., Silva, L. S., & Reifschneider, F. J. B. (2019). Advanced lines of Jalapeño pepper with potential for mechanical harvesting. *Ciência Rural*, 49(2), e20190222.

González, A., Ramírez, J., & Torres, M. (2022). Biofertilizers: a sustainable alternative for crop production. *Revista de Ciencias Agrarias*, 10(1), 45-60.

González, A., Ramírez, J., & Torres, M. (2022). Economic impact of jalapeño production and its global market trends. *Agricultural Economics*, 53(4), 355-365.

Inca-Torres AR, Urbina-Salazar A, Inca-Torres V, Bautista J (2021). Obtaining Protein Hydrolyzates By-products of *Agaricus Bisporus*. ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M., 1(2), 969-980. DOI 10.18502/epoch.v1i2.9516.  
<https://kneopen.com/epoch/article/view/9516/>

Inca-Torres, R., Aguilera-Velázquez, J.R., Urbina-Salazar, A.d.R. et al. Enzymatic Preparation of Mushroom By-product Protein Hydrolysates (Mb-PPHs). *Waste Biomass Valor* 15, 1509-1518 (2024).  
<https://doi.org/10.1007/s12649-023-02157-w>

INIFAP, 2015. <https://producechihuahua.org/paqs/PT-0003Chile1.pdf>

López, C., Mendoza, L., & Herrera, M. (2021). Impact of biofertilizers on capsaicin content in *Capsicum annuum* fruits. *Food Chemistry*, 337, 127849.

Martínez, R., Herrera, M., & López, C. (2021). Nutritional and health benefits of *Capsicum annuum*: A review. *Journal of Food Science*, 86(8), 3500-3510.

Mendoza-Sánchez, L. G., Mendoza-López, M. R., García-Barradas, O., AzuaraNieto, E., Pascual-Pineda, Luz A., & Jiménez-Fernández, M. (2015) Physicochemical and antioxidant properties of jalapeño pepper

(*Capsicum annuum* var. *annuum*) during storage, Mexico. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 21(3), 229-241. doi: 10.5154/r.rchsh.2015.06.010

Mendoza-Sánchez, L. G., Mendoza-López, M. R., García-Barradas, O., Azuara-Nieto, E., Pascual-Pineda, L. A., & Jiménez-Fernández, M. (2015). Physicochemical and antioxidant properties of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* var. *annuum*) during storage. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 21(3), 229-241.

MUNDARAIN, S.; COA, M.; CAÑIZARES, A. 2005. Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de aji dulce (*Capsicum frutescens* L.). *Revista UDO Agrícola* 5(1): 62-67.

Nongwoo Seed (2024). [http://nongwoobio.com/m21\\_view.php?idx=261](http://nongwoobio.com/m21_view.php?idx=261)

Olga Cremades, M.Mar Diaz-Herrero, Pilar CarboneroAguilar, Juan Fco Gutierrez-Gil, Enrique Fontiveros, Juan Bautista, White button mushroom ergothioneine aqueous extracts obtained by the application of enzymes and membrane technology, *Food Bioscience*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2015.01.001>

OpenAI. PlotAI: *Especialista en visualización de datos y análisis gráfico avanzado*. 2024. OpenAI, <https://openai.com/>.

Parewa, H. P., Meena, V. S., Jain, L. K., & Choudhary, A. (2018). Sustainable Crop Production and Soil Health Management Through Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Role of Rhizospheric Microbes in Soil*, 299-329. doi:10.1007/978-981-10-8402-7\_12

Patiño-Torres, C. O., & Sanclemente-Reyes, O. E. (2014). Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. *Entramado*, 10(2), 288-297.

Santillano-Cázares, J.; Turmel, M.-S.; Cárdenas-Castañeda, M.E.; Mendoza-Pérez, S.; Limón-Ortega, A.; Paredes-Melesio, R.; Guerra-Zitlalapa, L.; Ortiz-Monasterio, I. (2022). Can Biofertilizers Reduce Synthetic Fertilizer

Application Rates in Cereal Production in Mexico? *Agronomy*, 12, 80.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy12010080>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2021). Estadísticas de producción agrícola.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). Producción agrícola en México 2021-2022.

SOTO-ORTIZ, R.; SILVERTOOTH, J. C. 2008. A Crop Phenology Model for Irrigated New Mexico Chile (*Capsicum annuum* L.) Type Varieties. College of Agriculture and Life Sciences. The University of Arizona. The 2007 Vegetable Report. pp. 104-112.

Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*, 15(2), 134-154.  
<https://doi.org/10.1007/BF01347224>

TRIDGE. (2022). Global Jalapeño Pepper Market Report.

Vargas, P; Castro, L. 2019. Aislamiento y Evaluación de Microorganismos Solubilizadores de Fósforo de Andisoles de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 43(1):47-68.

Vlahova, V. (2020). Use of bd preparation 500 for organically cultivated pepper (*Capsicum annuum* L.). *New knowledge Journal of science*, 9(4), 85-96.

Zhao, Y., Zhang, H., & Wang, H. (2020). Antioxidant properties of *Capsicum annuum* L. and its potential applications. *Food Chemistry*, 310, 125860.