

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN



Caracterización agronómica y morfológica de líneas del género
Capsicum annuum L. con tolerancia a enfermedades radiculares.

Por:

MODESTA HERNANDEZ GOMEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Caracterización agronómica y morfológica de líneas del género
Capsicum annuum L. con tolerancia a enfermedades radiculares.

Por:

MODESTA HERNANDEZ GOMEZ

TESIS

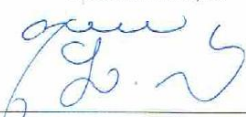
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité Asesor:


DR. VALENTIN ROBLEDO TORRES
Asesor Principal


DRA ARELI GONZALEZ CORTES
Asesor Principal Externo


DRA NADIA LANDERO VALENZUELA
Coasesor


DRA LAURA RAQUEL LUNA GARCIA
Coasesor


DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Junio 2026

DERECHOS DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

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

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

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.



MODESTA HERNANDEZ GOMEZ

DEDICATORIAS

A **Dios**; por haberme permitido llegar a mis metas, brindándome salud, fortaleza y la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre **Simona Gómez López** por haberme apoyado en todo momento de manera incondicional, brindándome su amor, cariño y sobre todo su constante motivación para alcanzar mis metas.

A mi padre **Efraín Hernández Méndez** por su amor y cariño, por los ejemplos de perseverancia para lograr mis objetivos, por los valores que me ha transmitido para salir adelante.

A mis hermanos: **Jeremías Hernández Gómez, Hermelindo Hernández Gómez, José Iván Hernández Gómez**, así como a mi hermanito **Efraín Hernández Gómez**, por su apoyo emocional durante todo el proceso y por estar presentes en la realización de mis metas.

A mi tía **Consuelo Gómez López** por su apoyo emocional durante toda mi trayectoria académica.

AGRADECIMIENTOS

A mi **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO** por haberme abierto sus puertas y brindarme la oportunidad de aprender, formarme profesionalmente y sentirme orgullosa de pertenecer a ella.

A mi asesora la Dra. **Areli Gonzáles Cortes** por haberme aceptado para la realización de esta tesis contribuyendo así a la culminación de mi formación académica.

Al Dr. **Valentín Robledo Torres** por haberme brindado su apoyo y asesorías durante la tesis.

Al M.C. **José Pablo Callazo Gámez** por todas sus aportaciones, por la paciencia que tuvo en la realización del trabajo en campo y la asesoría.

Al Dr. **Dino Ulises Gonzáles Uribe** por sus aportaciones, por su tiempo y los conocimientos que me transmitieron toda mi trayectoria académica.

A mis maestros les agradezco por el apoyo brindado y por los conocimientos que me transmitieron a lo largo de mi formación académica.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS	1
AGRADECIMIENTOS.....	2
ÍNDICE GENERAL.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE CUADROS.....	7
DERECHOS DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO . ¡Error! Marcador no definido.	
RESUMEN.....	8
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Objetivo general.....	12
1.2 Objetivos específicos.....	12
1.3 Hipótesis.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
2.1 Aspectos generales del cultivo de chile	13
2.1.1. Origen y domesticación.....	13
2.1.2. Producción mundial y nacional.....	14
2.1.3. Importancia económica y alimentaria	15
2.1.4. Principales sistemas de producción	17
2.2 Taxonomía y clasificación del género <i>Capsicum</i>	18
2.2.1. Principales especies del género <i>Capsicum</i>	18
2.2.2. Diferencias entre especies cultivadas	19
2.3 Características botánicas.....	19
2.3.1. Variabilidad morfológica	20
2.4 Variabilidad genética.....	21
2.4.1. Bancos de germoplasma.....	21
2.4.2. Importancia del mejoramiento genético.....	22
2.4.3. Métodos de selección (tradicional y asistida)	22
2.5 Caracterización morfológica en plantas en chile.....	23
2.5.1. Concepto de caracterización	23

2.5.2.	Importancia en la identificación de genotipos.....	23
2.5.3.	Ventajas y limitaciones.....	23
2.6	Caracterización agronómica	24
2.6.1.	Variables agronómicas:.....	24
2.6.2.	Importancia en la evaluación de líneas mejoradas.....	24
2.6.3.	Enfermedades radiculares en <i>Capsicum annuum</i>	25
2.7	Principales patógenos.....	25
2.7.1.	<i>Phytophthora capsici</i>	25
2.7.2.	<i>Fusarium spp.</i>	25
2.7.3.	<i>Rhizoctonia solani</i>	26
2.7.4.	Síntomas y daños.....	26
2.7.5.	Pudrición de raíz	26
2.7.6.	Disminución del rendimiento	27
2.7.7.	Condiciones que favorecen la enfermedad	27
2.8	Tolerancia y resistencia a enfermedades	27
2.8.1.	Diferencia entre tolerancia y resistencia.....	27
2.8.2.	Mecanismos de defensa en plantas	27
2.8.3.	Importancia en programas de mejoramiento	28
2.9	Evaluación de líneas tolerantes	28
2.9.1.	Métodos de evaluación (invernadero y campo).....	28
2.9.2.	Variables de respuesta.....	29
2.9.3.	Índices de severidad	29
2.9.4.	Selección de genotipos resistentes	29
2.10	Relación entre características morfológicas, agronómicas y tolerancia.....	30
2.10.1.	Asociación entre rasgos fenotípicos y resistencia.....	30
2.10.2.	Importancia para selección indirecta.....	30
2.10.3.	Estudios previos relevantes	30
2.11	Estudios en <i>Capsicum annuum</i> sobre resistencia a enfermedades radiculares	31
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1	Ubicación del experimento.....	32
3.2	Material genético	32
3.3	Diseño experimental	32

3.4	Descripción de los tratamientos.....	34
	Tratamiento 1 (T1): Minipimiento.....	34
3.5	Establecimiento:	34
3.6	Trasplante.....	35
3.7	Riego	36
3.8	Fertilización.....	36
3.9	Manejo agronómico del cultivo	37
3.9.1.	Poda de sanidad	37
3.9.2.	Tutoreo.....	38
3.9.3.	Deshoje	38
3.9.4.	Deshierbe.....	38
3.10	Variables evaluadas:.....	38
3.10.1.	Variables morfológicas:	38
3.10.2.	Porcentaje de germinación (PG)	39
3.10.3.	Días a floración (DAF).....	39
3.10.4.	Cosecha.....	39
3.10.5.	Vitamina C (VC)	39
3.10.6.	Altura de planta (ADP)	40
3.10.7.	Diámetro de tallo (DDT)	40
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1	Porcentaje de germinación (PG).....	41
4.2	Días a floración (DAF)	43
4.3	Altura de la planta (ADP)	45
4.4	Diámetro de tallo (DDT).....	48
4.5	Rendimiento de fruto (RDF).....	51
4.6	Número de frutos por planta (NFP).....	54
4.7	Peso promedio del fruto (PPF)	55
4.8	Vitamina C (VC).....	57
V.	CONCLUSIONES.....	67
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plántulas de chile durante la aplicación de micronutrientes mediante inmersión.	35
Figura 2. Trasplante de diferentes líneas de chile.....	36
Figura 3. Porcentaje de germinación de los ocho tratamientos de chile.	42
Figura 4. Días a floración de los ocho tratamientos evaluados bajo condiciones de malla sombra.	44
Figura 5. Altura de planta en ocho tratamientos evaluados bajo condiciones de malla sombra.	48
Figura 6. Diámetro de tallo de plantas de chile evaluados bajo condiciones de malla sombra.	51
Figura 7. Rendimiento de fruto en gr de ocho líneas evaluadas bajo condiciones de malla sombra.....	53
Figura 8. Número de frutos por planta de ocho tratamientos evaluadas bajo condiciones de malla sombra.....	55
Figura 9. Peso promedio de fruto gr de ocho tratamientos de chile evaluados bajo condiciones de malla sombra.....	57
Figura 10. Contenido de Vitamina C de chiles evaluadas bajo condiciones de malla sombra.	59
Figura 11. Planta de minipimiento evaluadas bajo condiciones de malla sombra.....	60
Figura 12. Fruto de minipimiento evaluadas bajo condiciones de malla sombra.	61
Figura 13. Planta de pimiento evaluadas bajo condiciones de malla sombra.	61
Figura 14. Fruto de pimiento evaluados bajo condiciones de malla sombra..	62
Figura 15. Fruto de jalapeño evaluados bajo condiciones de malla sombra..	62
Figura 16. Planta de cruza Jalapeño con pimiento bajo condiciones de malla sombra.....	63
Figura 17. Fruto de jalapeño ESTS evaluados bajo condiciones de malla sombra.....	63
Figura 18. Planta de chile de cruza Morelos con pimiento bajo condiciones de malla sombra.	64
Figura 19. Fruto de pimiento EJTS evaluados bajo condiciones de malla sombra.....	64
Figura 20. Fruto de EJTS-7 evaluados bajo condiciones de malla sombra	65
Figura 21. Fruto de EJTS-14 línea pura evaluados bajo condiciones de malla sombra.....	65
Figura 22. Planta de jalapeño bajo condiciones de malla sombra.	66
Figura 23. Fruto de jalapeño 2 evaluados bajo condiciones de malla sombra.	66

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Distribución de las líneas de chile en un diseño de bloques completamente al azar.....	33
Tabla 2. Primera etapa de fertilización para el crecimiento del chile, aplicada los días martes y viernes.....	37
Tabla 3. Fertilización en la etapa de desarrollo y llenado de fruto del chile, aplicada los días martes y viernes.	37
Tabla 4. Porcentajes de germinación de los ocho tratamientos.	43

RESUMEN

El cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) forma parte de las hortalizas de mayor importancia económica, alimentaria y cultural en México, país reconocido como centro de origen, domesticación y diversificación de esta especie. Sin embargo, la productividad del cultivo se ve limitada por diversos factores bióticos, entre los que destacan las enfermedades radiculares causadas por patógenos del suelo como *Phytophthora capsici*, *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani*, los cuales afectan el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas. Ante esta problemática, la identificación de materiales genéticos con tolerancia a enfermedades radiculares representa una estrategia importante dentro de los programas de mejoramiento genético. El objetivo de la investigación fue caracterizar morfológica y agronómicamente diferentes líneas de *Capsicum annuum* establecidas bajo condiciones de malla sombra, con la finalidad de identificar materiales con tolerancia a enfermedades radiculares y alto potencial productivo. Para ello, durante el ciclo verano-otoño de 2025 se evaluaron ocho líneas de chile mediante un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se registraron variables agronómicas como días a floración, altura de planta, diámetro de tallo, rendimiento de fruto, número de frutos por planta, peso promedio de fruto y contenido de vitamina C, además de características morfológicas de planta y fruto. Los resultados mostraron diferencias entre las líneas evaluadas en variables relacionadas con crecimiento, precocidad, rendimiento y calidad del fruto, evidenciando la existencia de variabilidad genética útil para programas de selección y mejoramiento. Algunas líneas destacaron por presentar mejor comportamiento agronómico y adaptación a las condiciones de cultivo, manteniendo un adecuado desarrollo aún en un suelo con antecedentes de enfermedades radiculares. Por lo tanto, la caracterización agronómica y morfológica permitió identificar materiales promisorios con potencial para ser utilizados en programas de mejoramiento genético orientados a la obtención de variedades con mayor rendimiento y tolerancia a enfermedades radiculares.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., caracterización agronómica, caracterización morfológica, variabilidad genética, enfermedades radiculares, tolerancia, rendimiento.

ABSTRACT

Chili pepper (*Capsicum annuum* L.) is one of the most economically, nutritionally, and culturally important vegetable crops in Mexico, which is recognized as the center of origin, domestication, and diversification of this species. However, its productivity is constrained by several biotic factors, particularly root diseases caused by soilborne pathogens such as *Phytophthora* blight, *Fusarium* spp., and *Rhizoctonia solani*, which negatively affect plant growth, development, and yield. In this context, the identification of genetic materials with tolerance to root diseases represents an important strategy for breeding programs. The objective of this study was to morphologically and agronomically characterize different lines of *Capsicum annuum* grown under shade-net conditions in order to identify materials with tolerance to root diseases and high yield potential. Eight chili pepper lines were evaluated during the summer–autumn 2025 growing season using a randomized complete block design with three replications. Agronomic variables recorded included days to flowering, plant height, stem diameter, fruit yield, number of fruits per plant, average fruit weight, and vitamin C content, as well as plant and fruit morphological traits. The results revealed significant differences among the evaluated lines for traits associated with growth, earliness, yield, and fruit quality, indicating the presence of valuable genetic variability for selection and breeding purposes. Several lines exhibited superior agronomic performance and adaptation to the growing environment, maintaining satisfactory growth and productivity despite being cultivated in soil with a history of root disease incidence. These findings suggest the existence of genetic materials with potential tolerance to root pathogens and desirable agronomic characteristics. In conclusion, the agronomic and morphological characterization enabled the identification of promising chili pepper lines that may be incorporated into breeding programs aimed at developing high-yielding cultivars with improved tolerance to root diseases.

Keywords: *Capsicum annuum* L., genetic variability, root diseases, breeding, agronomic characterization, yield, disease tolerance.

I. INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia a nivel mundial debido a su valor nutritivo, amplia diversidad y múltiples usos en la alimentación, la industria y la medicina tradicional (Carrillo y Vargas, 2023).

La especie pertenece a la familia Solanaceae y México es considerado uno de los principales centros de origen, domesticación y diversificación. El cultivo de chile se encuentra ampliamente distribuido en el territorio nacional, adaptándose a diversas condiciones agroecológicas desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 2500 msnm (Salinas *et al.*, 2021). Esta amplia adaptación ha favorecido la generación y conservación de una gran diversidad de tipos de chile, los cuales constituyen un recurso fitogenético de gran importancia para el país.

De acuerdo con Aguirre *et al.*, (2017), dentro del género *Capsicum* se ha originado una gran variedad de formas, colores y tamaños de frutos, además de existir poblaciones silvestres que es necesario estudiar y preservar debido a su potencial genético. Entre los chiles de mayor importancia económica en México destacan el ancho, jalapeño, serrano, pimiento morrón, los cuales representan entre el 70 a 80 % de la producción nacional. La importancia radica en que es una actividad intensa que requiere una elevada cantidad de mano de obra, estimándose en aproximadamente 120 a 200 jornales por hectárea cosechada. A nivel internacional, México ocupa un lugar importante en la producción de chile, posicionándose como el segundo mayor productor después de China (Gómez – García *et al.*, 2025). Esta relevancia en la producción resalta la necesidad de fortalecer las estrategias de investigación, conservación y mejoramiento genético del cultivo.

El mejoramiento genético de chile requiere la identificación y caracterización de genotipos con características agronómicas sobresalientes, como rendimiento, calidad de fruto, adaptación ambiental y tolerancia a factores bióticos como la resistencia a enfermedades radiculares. Esto permite orientar de manera más

eficiente los programas de selección y desarrollo de nuevas variedades, además de contribuir a la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos genéticos disponibles, especialmente en México, donde existe una amplia diversidad de germoplasma (Pérez – Castañeda *et al.*, 2015).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue caracterizar morfológica y agronómicamente diferentes líneas de *C. annuum* L. establecidas bajo condiciones de malla sombra, con el fin de identificar materiales con tolerancia a enfermedades radiculares y alto potencial de rendimiento, contribuyendo al desarrollo de variedades adaptadas a las condiciones de producción y a la conservación de la diversidad genética del cultivo.

1.1 Objetivo general

Caracterizar morfológica y agronómicamente diferentes líneas de *Capsicum annuum* L. establecidas bajo condiciones de malla sombra, con el fin de identificar materiales con tolerancia a enfermedades radiculares y con buen potencial en rendimiento.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar la tolerancia a enfermedades radiculares de las líneas de chile mediante variables de crecimiento y rendimiento.
- Evaluar las características morfológicas de distintas líneas de *C. annuum* L. establecidas en malla sombra.
- Analizar las líneas con mejores variables de rendimiento, características y mayor adaptación al sistema bajo malla sombra.

1.3 Hipótesis

Al menos una de las líneas de *C. annuum* L. presenta diferencias significativas en las características morfológicas, agronómicas como indicativo de la tolerancia a enfermedades radiculares, bajo condiciones de malla sombra.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales del cultivo de chile

El chile (*Capsicum annuum* L.) es una de las especies hortícolas de mayor importancia económica y alimentaria a nivel mundial. Perteneció a la familia Solanaceae. El fruto es ampliamente consumido en estado fresco, seco o procesado, además de ser una fuente importante de vitaminas, minerales y compuestos bioactivos como carotenoides, flavonoides y capsaicinoides, responsables de sus propiedades antioxidantes y nutraceuticas (Tripodi y Kumar, 2019). El género *Capsicum* comprende alrededor de 35 especies, de las cuales *C. annuum* representa la especie de mayor distribución y relevancia comercial debido a su amplia variabilidad genética y adaptación a diferentes condiciones ambientales (Carrizo-García *et al.*, 2016).

2.1.1. Origen y domesticación

Es uno de los cultivos más antiguos de América (Pickersgill, 1997). Se cree que su origen inició en regiones tropicales y subtropicales del Continente Americano, principalmente en zonas de México, Perú y Bolivia, donde varias especies silvestres están relacionadas con las variedades que se cultivan actualmente (Bosland y Votava, 2012).

Las evidencias arqueológicas demuestran que el cultivo de chile en regiones como Tehuacán Puebla, Ocampo Tamaulipas, se remonta al periodo entre 7000 y 2555 A.C., esto también confirma que México es uno de los principales centros de domesticación del chile, así como un importante reservorio de su invaluable riqueza genética (SADER, 2026). Debido a lo anterior podemos encontrar una amplia variedad de tamaños, formas, colores y pungencia, su nombre común viene del náhuatl: chilli, xilli ó aji (López-Ordaz *et al.*, 2025). Dentro de la diversidad genética de chiles en México se encuentran las variedades como Jalapeño, Serrano, Poblano y Morrón (Peñaloza-Ramírez *et al.*, 2021).

El chile además de su importancia alimentaria tuvo un papel fundamental en las culturas mesoamericanas, donde se utilizaba con fines medicinales, rituales y

comerciales. Tras la llegada de los europeos a América, el cultivo se difundió hacia Europa, Asia y África, convirtiéndose en un ingrediente esencial de numerosas gastronomías alrededor del mundo (Chiou *et al.*, 2024).

Actualmente, el chile representa un recurso agrícola con importancia económica y cultural a nivel mundial debido a la amplia variabilidad genética y a la presencia de compuestos bioactivos como la capsaicina, relacionados con propiedades nutraceuticas y farmacológicas (Magdy y Ouyang, 2020).

2.1.2. Producción mundial y nacional

El cultivo de chile es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial debido a su valor económico, alimentario y comercial. En las últimas décadas, la producción mundial ha mostrado un crecimiento mantenido por el aumento de la demanda para consumo fresco, procesamiento industrial y exportación.

De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción mundial de chiles y pimientos verdes alcanzó aproximadamente 44.8 millones de toneladas en 2024. China se mantuvo como el principal productor mundial con alrededor de 17.3 millones de toneladas, equivalente al 39 % de la producción global. Le siguieron India con 5.3 millones de toneladas, Turquía con 3.4 millones de toneladas, México con 3.2 millones de toneladas e Indonesia con 3.0 millones de toneladas. Estos cinco países concentraron más del 70 % de la producción mundial (FAOSTAT, 2024).

México ocupa uno de los primeros lugares en la producción mundial de chile y es reconocido como centro de origen y diversificación de *C. annuum*. Según estadísticas de la FAO, la producción mexicana de chile verde superó los 3.1 millones de toneladas en los últimos años, ubicando al país como el principal productor del continente americano y uno de los principales exportadores mundiales.

A nivel nacional, el cultivo de chile se establece en prácticamente todas las regiones agrícolas del país. Durante 2023, México registró una producción de aproximadamente 3.24 millones de toneladas de chile verde en una superficie

sembrada superior a 165 mil hectáreas, mostrando un incremento respecto a los ciclos agrícolas anteriores (SIAP, 2024).

Los principales estados productores son Sinaloa, Chihuahua, Zacatecas, Sonora, Jalisco y Guanajuato. Tan solo Sinaloa, Chihuahua y Zacatecas aportaron cerca del 60 % del volumen nacional durante 2023, con producciones de 751,839; 701,392 y 480,694 toneladas, respectivamente (SIAP, 2024).

Además de su importancia productiva, el cultivo de chile representa una actividad estratégica para la economía agrícola mexicana debido a la generación de empleos y divisas. En 2024, las exportaciones mexicanas de frutos frescos del género *Capsicum* alcanzaron un valor superior a 1,440 millones de dólares, teniendo como principal destino el mercado de Estados Unidos, que concentró más del 97 % de las exportaciones nacionales (Data México, 2024).

2.1.3. Importancia económica y alimentaria

El cultivo de chile representa una actividad agrícola estratégica para numerosos países de América, Asia y África. En años recientes, la producción mundial de chile ha mostrado una tendencia creciente debido al aumento de la demanda para consumo fresco, industrialización y exportación. El mercado global del chile fue valorado en aproximadamente 1.3 mil millones de dólares en 2025, con una tasa de crecimiento anual estimada del 6.4 % para el 2030, alcanzando los 1790 millones de dólares (Research and Markets, 2025), lo que refleja su importancia comercial y su potencial económico.

El mercado del chile ha tenido un crecimiento importante debido a su versatilidad como verdura, especia, planta ornamental y recurso medicinal (Swamy, 2023). En 2022, los cinco principales productores mundiales de chile seco fueron: India (1.874.000 t), Bangladesh (624.825 t), Etiopía (329.378 t), Tailandia (327.383 t) y China (318.062 t) (FAOSTAT, 2024).

En México, la producción y exportación de chile alcanza sus niveles más altos durante el ciclo de otoño – invierno, debido al incremento en el rendimiento del cultivo, alta calidad del fruto y los precios favorables del mercado, durante la

temporada invernal. Los tipos de chile de mayor importancia económica en México, de acuerdo con su valor de producción, son el pimiento morrón (bell pepper), jalapeño, poblano, serrano, anaheim y chilaca. De estos la producción de pimiento morrón, y de chiles picantes como Anaheim, serrano y jalapeño se destina principalmente al mercado de exportación (INTAGRI. 2020).

La producción de chile alcanzó una producción de 767667 toneladas en el 2024. Entre estos, destaca la producción de chile jalapeño donde se cosecharon 26 mil 465 hectárea, generando un valor superior a seis mil 418 millones de pesos. En México los principales estados productores fueron Chihuahua, Sinaloa, Michoacán, Jalisco y Sonora. En el caso del chile poblano, se produjeron 365 mil 790 toneladas en 14 mil 722 hectáreas, con un valor aproximado de tres mil 852 millones de pesos. Los estados con mayor producción fueron: Zacatecas, Guanajuato, Sinaloa, Jalisco y San Luis Potosí. Respecto al chile serrano, se obtuvo una producción superior a 355 mil 177 toneladas, con un valor de cuatro mil 023 millones de pesos, lo que refleja su alta demanda. Por otra parte, el chile chilaca registro una producción de 87 mil 412 toneladas en tres mil 792 hectáreas, con un valor de 887 millones de pesos. Los estados que destacaron en su cultivo fueron Chihuahua, Querétaro y Guanajuato. Finalmente, el chile pimiento morrón alcanzo producción superior a 529 mil 859 toneladas en seis mil 584 hectáreas, con un valor de ocho mil 886 millones de pesos, superando el valor de producción del chile jalapeño, los principales productores fueron Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Jalisco y Querétaro (SADER, 2026).

Su consumo es muy diverso ya que puede encontrarse en estado fresco, seco, en polvo, encurtido, en pastas, salsas, ensaladas, moles, rellenos y dulces, también el chile ha sido utilizado en la medicina tradicional como parte de diversos remedios, en conjunto el chile es un producto muy arraigado en la cocina y en la cultura alimentaria mexicana, ricos en antioxidantes y vitamina C (Rodríguez-López *et al.*, 2024).

2.1.4. Principales sistemas de producción

El cultivo de chile se lleva a cabo en todas las entidades federativas de México adaptándose a diversas regiones y condiciones ambientales del país, de manera general se reconoce dos principales sistemas de producción: el cultivo en campo abierto y la agricultura protegida (INTAGRI, 2020).

El incremento en la producción de chile en México ha impulsado el desarrollo de la agricultura protegida, las estructuras de protección como malla sombra, macro túneles e invernaderos de baja, mediana y alta tecnología, han permitido mejorar las prácticas agronómicas, sanitarias, nutricionales y de inocuidad, estos sistemas han favorecido un incremento en la producción por unidad de superficie (Moreno, 2014). Principalmente están enfocados en la producción de chiles de alto valor comercial como pimiento morrón, jalapeño, serrano, anaheim y otras especialidades, dependiendo del nivel tecnológico empleado, estos sistemas permiten un control parcial o total, el cultivo de chiles bajo cubierta pueden establecerse tanto en suelo como en sustrato y generalmente cuentan con sistemas de riego. En los estados de Sonora y Sinaloa el uso de malla sombra es la tecnología más extendida, alcanzando rendimientos promedio de 8 a 12 Kg/m². Por otra parte, en entidades como Jalisco, Guanajuato y Michoacán estas se emplea alta y mediana tecnología (Arévalo. 2015).

La producción de chile en campo abierto es el sistema de cultivo más extendido en México y representa un menor costo de inversión, bajo este sistema se produce la mayor diversidad de chiles, las cuales son establecidos directamente en suelo. Este tipo de producción no cuenta con control de los factores climáticos, por lo que los cultivos se encuentran expuestos a variaciones ambientales existiendo mayor incidencia de plagas y enfermedades ya que no cuentan con barreras físicas, debido a sus bajos costos de establecimiento y manejo. La producción en campo abierto continúa siendo uno de los principales sistemas de producción de chile en México (INTAGRI, 2020).

2.2 Taxonomía y clasificación del género *Capsicum*

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Capsiceae

Género: *Capsicum*

Especie: *annuum* L

(Pérez – Castañeda et al., 2015)

2.2.1. Principales especies del género *Capsicum*

El género *Capsicum* comprende alrededor de 40 especies reconocidas, de las cuales cinco han sido ampliamente domesticadas y cultivadas por el ser humano debido a su importancia alimentaria, económica y cultural. Estas especies presentan una gran diversidad morfológica y genética, que ha permitido el desarrollo de numerosos tipos de chiles y pimientos adaptados a diferentes condiciones ambientales y preferencias de consumo. Las principales especies incluyen variedades ampliamente cultivadas y consumidas, entre las que destacan jalapeño, ancho, guajillo, pasilla, serrano, pimiento morrón (González – Pérez, 2025).

Estas especies se caracterizan por su amplia adaptación ecológica, alta variabilidad genética y gran importancia económica. Su diversidad genética constituye un recurso estratégico para el desarrollo de nuevas variedades con mayor rendimiento, calidad de fruto, tolerancia a enfermedades y adaptación al cambio climático (Barboza et al., 2022).

2.2.2. Diferencias entre especies cultivadas

El chile jalapeño se caracteriza por ser de color verde oscuro, de forma cónica alargada a veces puntiagudo o chata, carnoso y con la piel brillante. Mide en promedio 6 cm de largo y 2.5 cm de ancho, aunque puede alcanzar hasta 12 cm de largo y 4 cm de ancho. Se considera un chile picoso a muy picoso. Al llegar a la madurez adquiere un color rojizo y presenta rayas que se asemejan a escamas.

El chile ancho se distingue por tener frutos grandes de aproximadamente 16 cm de largo y 6 cm de ancho, su forma es cónica aplanada con ligeras ondulaciones. Presenta un color verde oscuro con piel brillante, aunque algunas variedades pueden ser más claras. Su sabor es definido y poco picante, se consume tanto en fresco como deshidratado, destinándose cerca del 50 % de la producción al mercado fresco.

El chile serrano es un fruto pequeño y muy picoso, cuando está inmaduro presenta un color verde y al madurar se torna a rojo, tiene forma cilíndrica con ápice terminado en punta lisa. En promedio mide de 3 a 5 cm de largo y alrededor de 1 cm de diámetro, su cáscara es tersa y brillante, nunca opaca ni arrugada.

El chile pimienta morrón se caracteriza por ser brillante y presentan colores verde oscuro, rojo, anaranjado y amarillo, sus frutos miden 10.5 cm de largo y 8.5 de diámetro. Este tipo de chile fue uno de los primeros chiles mexicanos difundidos hacia las regiones de Castilla, en España y luego en otras partes de Europa (Aguilar et al., 2012).

2.3 Características botánicas

C. annuum presenta una raíz pivotante y pueden alcanzar profundidades de 0.7 a 1.2 m, mientras que lateralmente se extiende hasta 1.2 m. La mayoría de las raíces se encuentran a una profundidad de entre 5 y 40 cm (Bojacá et al., 2012). Los tallos son erectos, herbáceos y ramificados, de color verde oscuro (SACARPA, 2017). Las hojas son enteras, lampiñas y lanceoladas, con un ápice muy pronunciado acuminado, además presentan un peciolo largo y poco aparente, el haz es glabro liso y suave al tacto, con color verde de mayor o menor intensidad, y de apariencia brillante, la nervadura es la principal parte de la base

de la hoja como una prolongación del peciolo, de igual manera, las nervaduras secundarias son pronunciadas y llegan casi hasta el borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo es alterna y su tamaño depende de la variedad (Vitolla, 2014). Las flores aparecen de forma solitaria en cada nudo de los tallos, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y de color púrpura. Presentan polinización autógama, en lo cual pueden existir ciertos porcentajes de alogamia que generalmente no supera el 10% (Guzmán, 2013). El fruto es una baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, el color es variable (verde, rojo, amarillo, naranja), y en algunas variedades el verde va cambiando a anaranjado y después al rojo conforme avanza la maduración. Su tamaño es variable, pueden presentar pesos desde escasos gramos hasta más de 500 gramos (Aviléz, 2016). Las semillas son pequeñas, aplanadas, de color amarillo pálido, con dos cotiledones y un embrión bien desarrollado; su tamaño promedio es de aproximadamente 5 mm de largo y 4 mm de ancho (Martínez *et al.*, 2019).

2.3.1. Variabilidad morfológica

La variabilidad es importante para favorecer el desarrollo de nuevos cultivos con diferencias en características como la forma, el color, tamaño y rendimiento del fruto, con el fin de conservar la variabilidad genética para su utilización en programas de mejoramiento genético. En el cultivo de chile los frutos presentan una amplia variabilidad de formas, entre las que se encuentran frutos planos, circulares, acorazonados, cuadrados, rectangulares, trapezoidales, moderadamente triangulares, triangulares estrechos o en forma de cuerno, en los frutos inmaduros pueden observarse diferentes tonalidades, que van desde colores pálidos, blancos amarillentos, verde claro amarillento, así como tonos más oscuros como verde oscuro amarillento, verde, verde azulado, verde marrón. Cuando los frutos alcanzan su madurez generalmente presentan colores amarillo y rojo, en algunas variedades se desarrollan frutos de un color intenso como violeta marrón (INTAGRI, 2020).

2.4 Variabilidad genética

La variabilidad genética constituye la base fundamental para la evolución, adaptación y mejoramiento de los cultivos. En el género *Capsicum*, la diversidad genética es particularmente amplia debido a su origen en América, los procesos de domesticación independientes y la existencia de numerosas especies silvestres y cultivadas. Esta variabilidad se manifiesta en diferencias morfológicas, agronómicas, fisiológicas, bioquímicas y moleculares, permitiendo el desarrollo de variedades adaptadas a diferentes condiciones ambientales y demandas de mercado (Tripodi y Kumar, 2019). La variabilidad genética en *Capsicum* puede darse por mutación, recombinación genética, flujo génico, selección natural y domesticación. Las poblaciones silvestres suelen presentar una mayor diversidad genética que las variedades cultivadas debido a que han estado sometidas a menor presión de selección. Sin embargo, la domesticación y el mejoramiento genético han permitido fijar características agronómicas deseables en los cultivares comerciales (Bosland y Votava, 2019).

2.4.1. Bancos de germoplasma

Los bancos de germoplasma son reservorios de semilla y otros órganos de producción vegetal, cuyo propósito es conservar la variabilidad genética de las especies. Estos bancos de germoplasma mantienen relación con el mejoramiento genético, ya que proporcionan el material biológico necesario para la selección y el desarrollo de genotipos (FAO, 2013). En México se lleva la exploración, colecta, identificación y conservación *in situ* y *ex situ* del germoplasma silvestre y domesticado de *Capsicum*, en especial de sus especies cultivadas: *C. annuum*, *C. Chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens*. Esto ha resultado en la formación de bancos de germoplasma con aparición de nuevas formas, nuevos genotipos o híbridos que se debe principalmente al intercambio de germoplasmas entre agricultores, así como a las cruza intra o inter-específicas que ocurren (Pérez-Castañeda *et al.*, 2015).

2.4.2. Importancia del mejoramiento genético

El mejoramiento genético es de gran importancia debido a que permite mejorar diversas características agronómicas y de calidad entre sus principales objetivos se encuentra aumentar la producción, desarrollar resistencia a enfermedades y plagas que ocasionan daños severos y pérdidas en la calidad del cultivo, así como mejorar rasgos del fruto como color de fruto, tamaño, forma y sabor. El mejoramiento busca obtener variedades tolerantes a factores de estrés ambiental, tales como salinidad, sequía, frío y altas temperaturas, permitiendo una mejor adaptación de las plantas a diferentes regiones y condiciones climáticas. También se enfoca en modificar el hábito de crecimiento de la planta para facilitar su manejo agronómico y mejorar la eficiencia de producción (Karim *et al.*, 2021). En México, el mejoramiento genético del *C. annuum* L. ha dado origen a nuevas variedades caracterizadas por presentar mayor productividad, uniformidad y resistencia a enfermedades y plagas, lo que contribuye significativamente a mejorar la calidad del fruto y el rendimiento del cultivo, además se han reportado diversas investigaciones enfocadas en el desarrollo de materiales genéticos sobresalientes mediante la aplicación de diferentes métodos de selección, entre los que destacan la selección individual, masal, masal estratificada y el método de pedigrí para el desarrollo de diversos materiales (Ramírez-Seañez *et al.*, 2023).

2.4.3. Métodos de selección (tradicional y asistida)

Los métodos de selección tradicionales utilizados en el mejoramiento de *C. annuum*, que se han empleado por investigadores son; selección masal, el método del pedigrí, método de descenso de una sola semilla, selección recurrente, retroceso, hibridación, base genética de la hibridación, usos de las líneas estériles masculinas, selección asistida por marcadores (MAS) y Mapeo de QTL, selección genómica (SG), secuenciación del genoma, estudios de asociación de genoma completo (GWAS) (Karim *et al.*, 2021).

2.5 Caracterización morfológica en plantas en Chile

La caracterización morfológica del género *Capsicum* está influenciada por los caracteres: raíz, tallos, hojas, flores, frutos y semillas, los cuales se utilizan para estudiar la diversidad genética y servir como base para análisis avanzados (Pérez-Castañeda *et al.*, 2015).

2.5.1. Concepto de caracterización

La caracterización morfológica es de utilidad porque permite definir una serie de descriptores de importancia agronómica, así como la clasificación e identificación de grupos genéticos. Estos estudios se han basado en métodos descriptivos mediante caracteres morfológicos de planta, la flor y forma del fruto siendo estos órganos los más importantes para la descripción morfológica, debido a que presentan menor influencia del ambiente (Narez- Jiménez *et al.*, 2024).

2.5.2. Importancia en la identificación de genotipos

La identificación de genotipos de las plantas es una actividad fundamental en la investigación genética, ya que permite seleccionar las variedades más promisorias de un cultivo para su posterior utilización en programas de mejoramiento (Elizondo-Cabalceta *et al.*, 2016).

2.5.3. Ventajas y limitaciones

La caracterización morfológica presenta varias ventajas, ya que permite la selección de genotipos con mayor potencial de rendimientos y mejores características, en función de las necesidades e interés de los agricultores, también para ser usados en programas de mejoramiento (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016). Sin embargo, una de las limitaciones es que las características morfológicas pueden verse influenciados por las condiciones ambientales, lo que puede dificultar la diferenciación precisa entre genotipos y afectar la consistencia de los resultados.

2.6 Caracterización agronómica

2.6.1. Variables agronómicas:

La altura de la planta se determina midiendo desde la base del tallo principal hasta el ápice de la hoja más alta, expresada en centímetros, es un parámetro importante para la verificación de procesos de mejoramiento genético (Taco-Huancacara *et al.*, 2024). El número de frutos se evalúa mediante el conteo total de frutos por planta durante el periodo de cosecha, siendo un indicador clave para estimar el rendimiento del cultivo (Lozano-Fernández *et al.*, 2022). El rendimiento puede incrementarse mediante la implementación de ciclos de cultivo más cortos y periodos de cosecha concentrados. Esto se logra mediante prácticas de manejo como el trasplante de plántulas de mayor edad (60 a 70 días), el despunte temprano de los puntos de crecimiento para inducir el desarrollo de plantas compactas con menor número de frutos, y el uso de altas densidades de población para compensar la reducción del rendimiento por planta. Estas prácticas provocan una disminución del área foliar y de la altura de la planta (Cruz *et al.*, 2009). La precocidad en el cultivo de chile se define como el número de días transcurridos desde el trasplante hasta el inicio de la floración o fructificación, y se utiliza como un indicador del desarrollo fenológico de la planta. Este parámetro es fundamental en estudios de mejoramiento genético, ya que permite seleccionar genotipos de ciclo corto o adaptados a diferentes condiciones ambientales (Salinas-Romero *et al.*, 2025).

2.6.2. Importancia en la evaluación de líneas mejoradas

La caracterización agronómica de líneas mejoradas de chile es fundamental en los programas de mejoramiento genético. Ya que permite identificar la variabilidad existente entre genotipos, facilita la selección de materiales superiores con atributos agronómicos deseables como mayor productividad, adaptación ambiental y eficiencia en el uso de recursos, como altura de planta, diámetro de tallo, número de frutos por unidad de superficie que son indicadores clave para determinar el rendimiento agronómico (Gonzales-Pérez *et al.*, 2025).

2.6.3. Enfermedades radicales en *Capsicum annuum*

Las enfermedades radicales representan uno de los principales factores limitantes para la producción de chile (*C. annuum* L.) en diversas regiones del mundo. Estas enfermedades afectan el sistema radical y la base del tallo, ocasionando disminución en la absorción de agua y nutrientes, reducción del crecimiento, marchitez, disminución del rendimiento e incluso la muerte de las plantas. Su incidencia suele incrementarse bajo condiciones de alta humedad del suelo, drenaje deficiente y monocultivo continuo (Ristaino y Johnston, 1999; Lamour *et al.*, 2012).

2.7 Principales patógenos

2.7.1. *Phytophthora capsici*

Pertenece al grupo de los oomicetos, conocidos como mohos acuosos, organismos del reino fungí. Este patógeno se presenta de manera natural en diversos tipos de suelos y produce esporas resistentes de paredes gruesas llamadas oosporas. Estas pueden permanecer viables en el suelo durante varios años, los microorganismos también pueden sobrevivir en residuos o desechos de cultivos infestados. Las plantas pueden infectarse en cualquier etapa de la temporada del cultivo, ya que el patógeno tiene la capacidad de afectar todas las partes de la planta. El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por temperaturas entre 24 y 29 °C (75 – 85 °F), así como por temperaturas del suelo superiores a 18 °C (65 °F), condiciones que favorecen la germinación y dispersión del patógeno (BAYER, 2020).

2.7.2. *Fusarium spp.*

Algunas especies de este género son consideradas como hongos saprofitos ya que reducen significativamente el rendimiento de los cultivos de chiles. Estos microorganismos ocasionan diversas enfermedades, entre las que destacan la pudrición blanda y marchitez o tristeza de la planta, pudrición de raíces primarias y secundarias, manchas foliares, clorosis, defoliación, marchitez vascular, necrosis en tallos y raíces. La enfermedad se caracteriza por la presencia de lesiones que progresan hasta provocar la descomposición del fruto,

generalmente se desarrollan en condiciones de alta humedad y temperaturas cálidas, especialmente cuando presentan heridas mecánicas o daños ocasionados por insectos (Coyotl-Pérez *et al.*, 2025).

2.7.3. *Rhizoctonia solani*

Presenta una mayor agresividad en *C. annuum* debido a su alta afinidad y rápida capacidad de infección sobre el hospedero, su elevada capacidad competitiva de estos hongos en el suelo de cultivos a campo abierto favorece su supervivencia, persistencia y diseminación (Coyotl-Pérez *et al.*, 2025). Entre las principales enfermedades que ocasiona se encuentran la pudrición de semillas, raíces jóvenes, hipocótilo, corona, tallo, ramas, vainas, tizón de plántulas, costra negra, canchales en estolones y tallos, así como damping off antes y después de la emergencia. Es especialmente problemática en almácigos y etapas tempranas del cultivo (Betancourth *et al.*, 2023).

2.7.4. Síntomas y daños

La Marchitez del chile ocasionada por *P. capsici* puede provocar pérdidas totales del cultivo desde la primera cosecha. Los primeros síntomas en las plantas consisten en un marchitamiento severo, las plantas colapsan rápidamente debido a la infección en las raíces y en la base del tallo, provocando finalmente la muerte y la adquisición de una coloración pajiza. En algunos casos las plantas afectadas presentan defoliación (Lujan & Goldberg, 2021).

2.7.5. Pudrición de raíz

La pudrición de la raíz es una de las enfermedades más importantes del cultivo de chile, ya que puede provocar una mortalidad del 40 % al 70 % de la población inicial de las plantas. Entre los factores que agravan la severidad de la enfermedad se encuentra el monocultivo, es decir, trasplantar chile en la misma parcela por varios ciclos consecutivos, así como las temporadas de lluvias prolongadas. La pudrición de la raíz del chile está asociada principalmente con la presencia de patógenos del suelo como *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia spp* y *Fusarium spp*, los cuales afectan el sistema radical y reduce significativamente el desarrollo y rendimiento del cultivo (Velásquez-Valle *et al.*, 2013).

2.7.6. Disminución del rendimiento

En sistemas de producción intensiva, las presencias de estos patógenos pueden causar muerte de plántulas y reducción significativa del rendimiento por unidad de superficie, especialmente bajo condiciones de alta humedad y mal drenaje (Franco *et al.*, 2021).

2.7.7. Condiciones que favorecen la enfermedad

Exceso de humedad: El desarrollo e infección del patógeno requiere condiciones de alta humedad. La infección en raíces y tallos inferiores se favorece en suelos saturados de agua. Con frecuencia, la enfermedad aparece inicialmente en las zonas bajas del campo y al final de los ciclos de riego, cuando el agua se drena hacia los extremos con pendiente de los surcos o camas del cultivo con riego por goteo, se requiere la presencia de humedad libre sobre la superficie de las plantas para que ocurra la infección de tallos, hojas y frutos. El inoculo del patógeno también puede encontrarse en aguas superficiales, tales como estanques y corrientes utilizadas para riego, así como estanques y corrientes utilizadas para riego (BAYER, 2019).

Suelos mal drenados: La aplicación de riegos pesados o excesivos favorece el desarrollo de la enfermedad e incrementa su severidad, así mismo las plantas establecidas en parcelas con suelos pesados, arcillosos o compactados, que reducen el drenaje y dificultan la eliminación de los excesos de agua, presenta mayor susceptibilidad al ataque de los patógenos (Velásquez-Valle *et al.*, 2013).

2.8 Tolerancia y resistencia a enfermedades

2.8.1. Diferencia entre tolerancia y resistencia

Agronómicamente la tolerancia es la capacidad de las plantas de crecer y rendir económicamente bajo condiciones de altas temperaturas, estrés al calor (Chávez-Barrantes *et al.*, 2017). Mientras que la resistencia son plantas que son resistentes principalmente a enfermedades.

2.8.2. Mecanismos de defensa en plantas

Las plantas poseen una serie de mecanismo de defensa contra los Fitopatógeno. Estas defensas pueden ser preformadas o inducidas.

Las defensas preformadas incluyen péptidos, proteínas y metabolitos secundarios no proteicos que actúan como barrera frente a los agentes patógenos. Por otro lado, las repuestas inducidas son mecanismo de defensa en la planta, se encuentra la unión y peroxidación de compuestos fenólicos, la deposición de sustancias como la sílice, la formación de papilas con calosa en la pared celular y la acumulación de especies reactivas de oxígeno. También destaca la repuesta hipersensible, que consiste en una muerte celular programada y acelerada de las células localizadas en el sitio de infección del patógeno, con el fin de limitar su propagación. Las plantas con pugencia son también mecanismo defensa (Castro *et al.*, 2012).

2.8.3. Importancia en programas de mejoramiento

Los programas de mejoramiento tienen como objetivo, obtener variedades con características de mayor calidad comercial y nutritiva, mayor resistencia a factores abióticos y bióticos que afectan al cultivo, así como mayor rendimiento productivo (ININ, 2018).

2.9 Evaluación de líneas tolerantes

2.9.1. Métodos de evaluación (invernadero y campo)

La evaluación en campo también se utiliza para estimar rendimiento comercial y total de genotipos, observados diferentes significativas entre materiales genéticos en variables como número de fruto y producción por hectáreas (León *et al.*, 2013).

En invernaderos se evalúa genotipos de chile para comparar su rendimiento y comportamiento agronómica bajo condiciones controladas, encontrando variación en caracteres como número de frutos, días a cosecha y rendimiento por planta, la evaluación precisa de las respuestas de diferentes cultivares o híbridos de chile a distintos manejos agronómicos (Elizondo-Cabalceta y Monge-Pérez, 2020).

2.9.2. Variables de respuesta

Las variables de respuesta en la evaluación de líneas de chile (*C. annuum* L.) corresponden al conjunto de características morfológicas, fenológicas y productivas que permiten cuantificar el comportamiento de los genotipos bajo determinadas condiciones de manejo y ambiente (Mozqueda, 2014).

2.9.3. Índices de severidad

Los índices de severidad permiten evaluar el grado de daño causado por los Fitopatógenos en los cultivos. En las diferentes variedades de chile y en los distintos sistemas de producción, las enfermedades ocasionan pérdidas en la calidad y el rendimiento, dependiendo de las condiciones ambientales (Mendoza-Alatorre et al., 2025). La marchitez del chile es una de las enfermedades de mayor importancia, ya que puede presentar índices de severidad que van del 26% al 90% no solo en México, sino también a nivel mundial. En los últimos años se ha observado una alta incidencia de enfermedades del suelo, lo que ha provocado que el cultivo desplace hacia otras regiones para su producción (Moran-Bañuelos et al., 2010).

2.9.4. Selección de genotipos resistentes

La selección de genotipos resistentes se aprecia como una estrategia más eficaz para la obtención de nuevas líneas con mayor tolerancia o resistencia a enfermedades para la obtención de nuevas líneas (Gaibor-Vaca et al., 2022). La resistencia genética se encuentra principalmente en variedades nativas, especies afines y parientes silvestres, los cuales representa una fuente importante de genes de resistencia utilizados en los programas de mejoramiento (Villar-Luna et al., 2022).

2.10 Relación entre características morfológicas, agronómicas y tolerancia

2.10.1. Asociación entre rasgos fenotípicos y resistencia

La asociación entre rasgos fenotípicos y resistencia se relaciona con la capacidad de los individuos para responder a las condiciones variables del ambiente. Los individuos pueden presentar altos niveles de variación fenotípica dentro y entre sus poblaciones que genera patrones de respuesta frente a presiones ambientales. La capacidad de un genotipo o de una población de modificar su fenotipo en un ambiente heterogéneo, o la habilidad de las plantas de ajustar su fenotipo a las condiciones cambiantes del ambiente puede constituir un mecanismo adicional para asegurar su sobrevivencia, reproducción y resistencia, los rasgos fenotípicos pueden estar asociados con la resistencia, ya que favorecen la tolerancia o adaptabilidad a factores ambientales (Hernández-Verdugo *et al.*, 2015).

2.10.2. Importancia para selección indirecta

La selección indirecta utiliza métodos de genotipado que permiten la detección de alelos y genotipos deseables en etapas tempranas del desarrollo de las plantas. Lo que puede reducir o incluso eliminar la necesidad de realizar ciclos prolongados de evaluación fenotípica. Una de las principales herramientas empleadas en este tipo de selección es la selección de marcadores moleculares (MAS), la cual ha incrementado su importancia en los programas de mejoramiento genético (Méndez *et al.*, 2015).

2.10.3. Estudios previos relevantes

Desde hace más de tres décadas, el género *Capsicum* ha sido considerado un cultivo de alta prioridad para estudios de conservación, debido a su importancia económica y a la progresiva variabilidad genética presente en sus poblaciones (Gómez-García, 2020), que destacan por su alta productividad, estabilidad genética y amplia adaptación a diversas condiciones ambientales. Por lo que, se han desarrollado numerosas investigaciones enfocadas en evaluar capacidad

productiva y adaptabilidad de distintos cultivares en regiones con potenciales para su producción (Lozano-Fernández et al.,2022).

2.11 Estudios en *Capsicum annuum* sobre resistencia a enfermedades radiculares

Las variedades criollo Morelos 334 (CM334) es considerada una de las fuentes de resistencia más importante a nivel mundial y nacional. Su resistencia ha demostrado ser compleja, ya que los resultados variados, que van desde la identificación de diferentes genes receptores y genes dominantes hasta la caracterización de un carácter poligénico con efectos epistáticos. Esta complejidad ha limitado su aplicación en programas de mejoramiento. Se ha demostrado que la resistencia en esta línea depende de diferentes QTL presentes en cromosomas distintos, siendo el mayor efecto observado en esta variedad un aspecto de gran interés para la utilización en mejoramiento genético a través de selección asistida por marcadores moleculares, se ha detectado la línea tipo Serrano 41-1 como una nueva fuente de resistencia, lo que resalta la importancia de entender la genética de la resistencia de esta línea para su uso eficaz en programas de mejoramiento de chile (Villar-Luna et al., 2022).

Entre las principales estrategias para el manejo de enfermedades radiculares de *Capsicum* destacan el uso de hongos rizosfericos antagonistas contra *fusarium spp*, *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora capsici*, combinación de biofumigaciones y microorganismos antagonistas, inoculaciones con hongos micorizicos rizosfericos, rotación de cultivos, usos de germoplasmas resistente al principal complejo de las enfermedades, no obstante se comienza a identificar de la expresión de secuencias específicas de ADN con la resistencia fenotípica a *P. capsici* a partir de la colecta criollo Morelos-334, también en las variedades autóctonas mexicanas de chile se han identificado fuentes resistentes a *P.capsici*. lo que presenta un valioso recurso genético para los programas de mejoramiento y el desarrollo de cultivares resistentes (Pérez- Acevedo et al., 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del experimento

La presente investigación se realizó en el ciclo verano – otoño del año 2025, en el área de malla-sombra del Departamento de Horticultura, de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo. Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son: 25.35° N y 101.03° O, a una altitud media de alrededor de 1,770 msnm.

3.2 Material genético

Se utilizaron ocho líneas de chile (*C. annuum* L.): mini pimiento, pimiento, jalapeño, jalapeño ESTS, pimiento EJTS, EJTS-7 (muy picante), EJTS 14 y jalapeño 2. Las cuales se establecieron bajo condiciones de malla sombra para estudiar las características morfológicas y agronómicas de la planta, con el fin de seleccionar las líneas más sobresalientes a la tolerancia a enfermedades radiculares.

3.3 Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, conformado por ocho tratamientos y tres bloques (Cuadro 1). Cada tratamiento estuvo integrado por ocho plantas, distribuidas con una separación de 30 cm entre plantas. En total se utilizaron 192 plantas experimentales. El cultivo se estableció un macrotunel de 100 m², en camas de 20 m de longitud y 150 cm de ancho a doble hilera, ocupando una superficie total de 90 m² como área experimental.

Tabla 1. Distribución de las líneas de chile en un diseño de bloques completamente al azar.

BLOQU 1	T2R1		T4R1		T8R1
	T3R1		T7R1		
	T1R1		T6R1		T5R1
BLOQUE 2	T5R2				T3R2
	T6R2		T1R2		T7R2
	T8R2		T4R2		T2R2
BLOQUE 3	T6R3		T3R3		T4R3
			T1R3		T2R3
	T7R3		T5R3		T8R3

3.4 Descripción de los tratamientos

Tratamiento 1 (T1): Minipimiento

Tratamiento 2 (T2): Pimiento

Tratamiento 3 (T3): Jalapeño = cruza de jalapeño con pimiento.

Tratamiento 4 (T4) Jalapeño ESTS = cruza de criollo Morelos con jalapeño.

Tratamiento 5 (T5) Pimiento EJTS = cruza de pimiento con criollo Morelos.

Tratamiento 6 (T6) EJTS-7 = cruza de pimiento picante con jalapeño.

Tratamiento 7 (T7) EJTS 14: Línea pura

Tratamiento 8 (T8) Jalapeño 2 = cruza de jalapeño y pimiento

3.5 Establecimiento:

Siembra: Se utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales se lavaron con agua y cloro para eliminar cualquier hongo o microorganismo que afectara la semilla. La preparación del sustrato consistió en la mezcla peat-moss y perlita 70:30, a la mezcla se le agregó agua, posteriormente se desintegraron terrones y se mezclaron hasta homogeneizar perfectamente el sustrato, con el fin de proporcionar las condiciones adecuadas para las semillas en su germinación. El sustrato previamente preparado se colocó en charolas de 200 cavidades, se realizó una ligera compactación manual para favorecer la estabilidad del sustrato y evitar espacios vacíos.

El 9 de junio de 2025 se llevó a cabo la siembra. Antes de la siembra, se humedeció el sustrato de las charolas y en seguida se depositaron tres semillas por cavidad organizadas por línea (mini pimiento, pimiento, jalapeño, jalapeño ESTS, pimiento EJTS, EJTS-7 (serrano muy picante), EJTS 14 y jalapeño 2) y cubriéndola a 0.5 cm de sustrato, se establecieron en invernadero cubiertas con de polietileno color negro, con el fin de aumentar la temperatura y favorecer la germinación y el desarrollo de las plántulas.

Durante el desarrollo de las plántulas se aplicó una solución de micronutrientes a 1 gr/ L, y se sumergieron en fungicida a una concentración de 1 mL por 20 L para evitar la presencia de hongos, y después de una semana se sumergieron

en insecticida a una concentración de 3 mL por 20 L, para evitar la presencia de minador, hasta el trasplante.



Figura 1. Plántulas de chile durante la aplicación de micronutrientes mediante inmersión.

3.6 Trasplante

El 24 de julio de 2025 se realizó el trasplante de manera manual (Figura 1) cuando las plantas alcanzaron 15 cm de altura, con cuatro a cinco hojas verdaderas (46 días después de su germinación), el lote experimental consto de ocho tratamientos con tres repeticiones de ocho plantas por repetición a doble hilera, se trasplantaron a 30 cm de distancia entre planta y planta con una separación de 1.5 m entre cama y cama.



Figura 2. Trasplante de diferentes líneas de chile.

3.7 Riego

El volumen de agua aplicado en cada riego fue de acuerdo con la etapa de desarrollo de la planta, partiendo desde el trasplante donde se inició con una aplicación de riego pesado para no regar en la primera y segunda semana después del trasplante, después de la tercera semana se modificó el riego para aplicar 2L/planta cada martes y viernes de cada semana, en los 90 m² del experimento, el riego se realizó con una duración de 2 horas.

3.8 Fertilización

Después del trasplante se inició el programa de fertilización del cultivo. En la primera etapa se aplicó una solución nutritiva destinada a promover el crecimiento vegetativo de las plantas. Posteriormente, se implementó una segunda etapa de fertilización enfocada en el desarrollo y llenado de los frutos de chile. La fertilización se realizó mediante la aplicación de diferentes dosis de nutrientes, de acuerdo con los requerimientos fisiológicos del cultivo en cada etapa fenológica. Las aplicaciones se realizaron diferentes dosis, la aplicación se realizó los martes y viernes de cada semana, durante todo el periodo experimental.

Tabla 2. Primera etapa de fertilización para el crecimiento del chile, aplicada los días martes y viernes.

Primera etapa gr/90m²		
	Martes	Viernes
KNO ₃	196	150
Fosfonitrato	130	100
Quelatos	10	10

Tabla 3. Fertilización en la etapa de desarrollo y llenado de fruto del chile, aplicada los días martes y viernes.

Segunda etapa gr/300m²		
	Martes	Viernes
KNO ₃	293.34	219.99
Fosfonitrato	152.37	114.3
H ₃ PO ₄	83.82 MI	62.85 mL
Ca(NO ₃) ₂	120	105
Top Frut XL	120	120
Quelatos de Hierro	100	100
Map	50	50

3.9 Manejo agronómico del cultivo

3.9.1. Poda de sanidad

La poda consistió en la eliminación de brotes laterales y hojas basales ubicadas por debajo de la bifurcación principal de la planta, con el fin de favorecer la ventilación, facilitar la penetración de la luz y disminuir la humedad relativa, así como la prevención de enfermedades, esta práctica se realizó cada ocho días.

3.9.2. Tutoreo

Se llevó a cabo mediante el sistema convencional (español) con hilos de rafia horizontales a lo largo de la hilera de cultivo y con una separación de 25 cm entre hilos. Este sistema permitió facilitar las labores culturales, especialmente la cosecha y reducir el contacto de los frutos con el suelo, disminuyendo el riesgo de daños mecánicos y la incidencia de enfermedades.

3.9.3. Deshoje

El deshoje se llevó a cabo de forma manual mediante la eliminación selectiva de hojas enfermas o dañadas, favoreciendo el desarrollo de las plantas.

3.9.4. Deshierbe

El uso de acolchado permitió disminuir presencia de malezas en el área de cultivo, sin embargo, se observó una mayor incidencia en los bordes de las camas para su control se realizó deshierbes manuales con apoyo de un azadón eliminando las malezas presentes, esta actividad se llevó a cabo de manera periódica aproximadamente cada 15 días, hasta finalizar el ciclo del cultivo.

3.10 Variables evaluadas:

Variables agronómicas: Porcentaje de germinación (**PG**), Días a floración (**DAF**), Altura de planta (**ADP**), Diámetro del tallo de la planta (**DDT**), Rendimiento de fruto (**RDF**), Número de frutos por planta (**FPP**), Peso promedio de frutos (**PPF**) y Vitamina C (**VC**).

3.10.1. Variables morfológicas:

Las variables morfológicas se determinaron con base en las guías técnicas para la descripción varietal de *C. annuum* L. del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), como uno de los principales descriptores utilizados en la caracterización de materiales vegetales. Se evaluaron las características morfológicas de la planta en cada uno de los tratamientos establecidos, obteniendo datos comparativos para su análisis.

3.10.2. Porcentaje de germinación (PG)

El porcentaje de germinación se evaluó a los 15 días después de la siembra, mediante el registro del número de semillas germinadas en cada tratamiento. Las observaciones se realizaron de manera periódica hasta que se completó el proceso de germinación de todos los tratamientos, permitiendo determinar el porcentaje final de germinación correspondiente a cada uno de ellos.

3.10.3. Días a floración (DAF)

Los días a floración se determinaron cuando al menos al menos el 50% de las plantas de chile de cada tratamiento presentaron la primera floración.

3.10.4. Cosecha

La primera cosecha se realizó a los 99 días después del trasplante (ddt), y las cosechas subsecuentes se efectuaron a intervalos de 15 días durante todo el periodo productivo del cultivo. En cada cosecha se registró el número de frutos por planta (FPP) de cada tratamiento. Los frutos recolectados se colocaron en bolsas de papel estraza debidamente identificadas por tratamiento y planta para su posterior evaluación. Posteriormente, se determinó el peso de frutos por planta (PPF) mediante una balanza digital, registrando los resultados en gramos. Con base en estos datos, se estimó el rendimiento de frutos correspondiente a cada tratamiento.

3.10.5. Vitamina C (VC)

Para la determinación de VC, se tomaron frutos frescos de cada tratamiento por cada repetición establecida, analizando en total 2 frutos por repetición. Se pesaron 20g, los frutos se trituraron en un mortero y se añadieron 10 mL de HCl al 2% posteriormente se agregó 100 mL de agua destilada y se homogenizó la mezcla.

El extracto obtenido se filtró y se tomó un alícuota de 10 mL del filtrado, para la titulación se realizó con el reactivo de Thielmann se esperó ½ minuto hasta observar la coloración rosa indicador del punto final de la titulación.

El contenido de vitamina C se calculó mediante la siguiente formula:

$$\text{mg/100g} = \frac{\text{mL gastados de R. de Thielmann} * 0.088 * \text{VT} * 100}{\text{VA} * \text{P}}$$

$$\text{VA} * \text{P}$$

Donde:

0.088 = miligramos de ácido ascórbico equivalentes a 1 ml de reactivo de Thieimann

VT= Volumen total en mL del filtrado de vitamina C en HCl

VA = Volumen en mL de la alícuota valorada.

P= Peso de la muestra (g).

3.10.6. Altura de planta (ADP)

Para la evaluación ADP, se midió la base del tallo hasta el ápice de la planta utilizando una cinta métrica, las mediciones se realizaron en todas las plantas de cada tratamiento, considerando todas las réplicas y se registraron en cm.

3.10.7. Diámetro de tallo (DDT)

El diámetro de tallo se evaluó midiendo la sección del tallo a la altura del cuello de la planta utilizando un vernier, las mediciones se realizaron en todas las plantas de cada tratamiento, considerando las tres replicas establecidas, los datos se registraron en mm.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Porcentaje de germinación (PG)

La variable (PG) mostró diferencias significativas entre los tratamientos, la emergencia acumulada en el T2 indica que este tratamiento favoreció tanto la viabilidad de las semillas como el establecimiento de las plántulas, permitiendo alcanzar prácticamente la totalidad de la emergencia esperada al 100%. Por otro lado, el T1 presentó una emergencia inicial lenta, seguida de una aceleración importante en etapas posteriores. Este comportamiento podría estar asociado con una germinación más escalonada o con condiciones que retrasaron inicialmente la emergencia, pero que después se logró una germinación de 94.78%. Los tratamientos T7 y T8 mostraron un porcentaje de 87.83% y 83.48% que también mostraron una rápida emergencia en los primeros días, lo cual es una característica deseable en el tiempo de establecimiento de cultivo. Sin embargo, al no alcanzar porcentajes finales tan altos como T2, se observa que una emergencia temprana no necesariamente se traduce en la máxima emergencia total. Los tratamientos T5 y T4 presentaron emergencia de 80% y 72.14%, evidenciando un comportamiento intermedio y relativamente uniforme. En contraste, T6 (69.57%) y T3 (59.13%) registraron los menores porcentajes de emergencia, lo que indica una menor eficiencia en el establecimiento de las plántulas (Figura 3, Tabla 4).

En términos de velocidad de emergencia, el T7 y T8 mostraron una respuesta más rápida durante la fase inicial, mientras que el T2 tuvo una combinación favorable entre velocidad y porcentaje final de emergencia. Aunque el T2 no presentó una emergencia inicial rápida, alcanzó el mayor porcentaje final de emergencia (100%), lo que indica una alta calidad fisiológica de las semillas. Este resultado es consistente con estudios realizados en *Capsicum spp*, donde se han reportado porcentajes de germinación superiores al 90% cuando las semillas presentan elevada viabilidad y vigor (Ayala-Villegas et al., 2014).

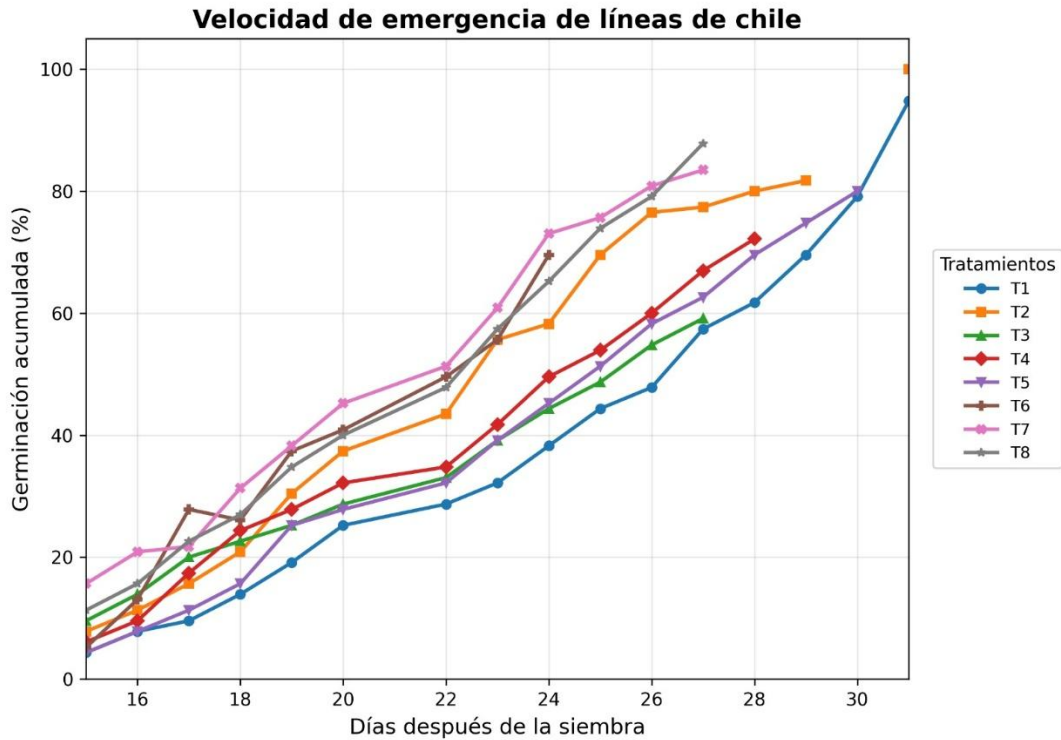


Figura 3. Porcentaje de germinación de los ocho tratamientos de chile.

Corozo-Quiñónes et al., (2023). Mencionan que las especies de *Capsicum* responden de forma diferente, lo que indica que la viabilidad podría estar relacionada con el tiempo de almacenamiento de semillas (más de tres años en las incorporaciones), se ha descrito que las características genéticas intrínsecas influyen en la capacidad de viabilidad a lo largo del tiempo. Copeland y McDonald, (2012) mencionan que la emergencia temprana es una característica deseable porque favorece una mayor uniformidad en el establecimiento del cultivo y una mejor utilización de los recursos disponibles y se asocia con una menor susceptibilidad a condiciones adversas y patógenos durante el establecimiento, y Bewley et al., (2012) mencionan que las semillas con mayor vigor tienden a emerger más rápidamente y producir plántulas más competitivas durante las etapas iniciales de crecimiento permaneciendo menos tiempo expuestas a microorganismos del suelo que pueden causar deterioro o muerte de plántulas.

La emergencia tardía observada en el T1 podría generar diferencias en el crecimiento de las plantas debido a una menor uniformidad del establecimiento. Según Marcos-Filho, (2015), las diferencias en la velocidad de emergencia pueden afectar el desempeño posterior del cultivo y, en consecuencia, el rendimiento final, para tolerar estrés biótico y abiótico durante las primeras etapas de crecimiento. Por otra parte, Agrios (2005) indica que hongos como *Pythium spp*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium spp*. afectan con mayor frecuencia a semillas y plántulas de crecimiento lento, provocando enfermedades como la pudrición de semillas y el “damping-off”. En consecuencia, la emergencia temprana puede contribuir a disminuir las pérdidas durante el establecimiento inicial del cultivo.

Tabla 4. Porcentajes de germinación de los ocho tratamientos.

	LÍNEA	GERMINACIÓN (%)
T1	Minipiente	94.78
T2	Pimiento	100.00
T3	Jalapeño	59.13
T4	Jalapeño ESTS	72.17
T5	Pimiento	80.00
T6	EJTS-7	69.57
T7	EJTS-14	83.48
T8	Jalapeño 2	87.83

4.2 Días a floración (DAF)

La variable DAF mostró diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el T5 que presentó mayor número de días a floración, con un promedio cercano a 59 días, lo cual indica que fue uno de los materiales más tardíos para iniciar la floración. De manera similar, los tratamientos 2 y 4 registraron valores elevados de aproximadamente 55 y 56 días, respectivamente, por lo que no difieren estadísticamente del tratamiento 5. Por otro lado, los tratamientos T1 y T8 presentaron los menores valores, con alrededor de 40 días a floración, por lo

tanto, estos materiales tienden a ser más precoces. El T7 también mostró una floración temprana (42 días), sin diferencias significativas respecto a los tratamientos T1 y T8. Mientras que, los tratamientos T3 y T6 registraron valores intermedios de aproximadamente 44 y 45 días, respectivamente, por lo que no difieren estadísticamente de los tratamientos más precoces ni de algunos tratamientos intermedios. En términos generales, los resultados permiten distinguir dos grupos principales: siendo el T2, T4 y T5, los materiales o líneas que mostraron una floración más tardía, y los T1, T7 y T8, que se caracterizaron por una floración más temprana. La diferencia observada entre el tratamiento más precoz y el más tardío fue de aproximadamente 19 días, lo que evidencia una importante variabilidad en el comportamiento fenológico de los materiales evaluados (Figura 4).

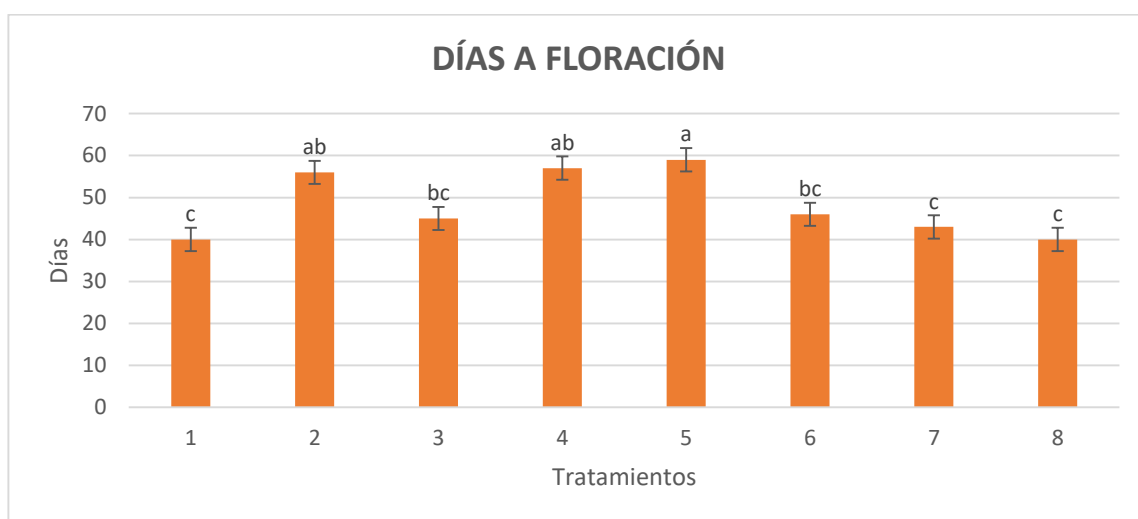


Figura 4. Días a floración de los ocho tratamientos evaluados bajo condiciones de malla sombra.

Por otro lado, los materiales precoces podrían representar una ventaja agronómica en sistemas de producción donde se busca reducir el ciclo del cultivo y adelantar la cosecha, y en algunos casos, disminuir la exposición de las plantas a factores adversos como plagas, enfermedades o estrés ambiental. De acuerdo con Tripodi y Kumar (2019), existe una amplia variabilidad en los caracteres fenológicos dentro del género *Capsicum*, lo que permite identificar materiales con diferente adaptación y potencial productivo. Los valores observados en este

estudio son similares a los reportados por Rodríguez *et al.*, (2021), quienes encontraron diferencias significativas en días a floración entre genotipos de Chile bajo condiciones protegidas, registrando intervalos de 40 a 65 días después del trasplante. Asimismo, Barchenger *et al.*, (2022) señalaron que la variabilidad en la floración está estrechamente relacionada con la diversidad genética presente en las poblaciones de *Capsicum*, siendo un criterio importante en programas de mejoramiento genético. Por otra parte, los tratamientos con floración tardía, como el T5, podrían presentar un mayor periodo de crecimiento vegetativo antes de iniciar la fase reproductiva. Este comportamiento puede favorecer una mayor acumulación de biomasa y potencialmente influir en el rendimiento, aunque dicha relación depende de las características propias de cada genotipo y de las condiciones de cultivo. En conjunto, los resultados confirman la existencia de diferencias fenológicas entre los materiales evaluados y resaltan la importancia de la selección de genotipos precoces o tardíos según los objetivos de producción y los programas de mejoramiento genético de Chile.

4.3 Altura de la planta (ADP)

La variable ADP presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, como se observa en la prueba de comparación de medias (Figura 5). Siendo el T4 el que registró la mayor altura promedio, con aproximadamente 65 cm, lo que indica que fue significativamente superior a los tratamientos con menor desarrollo vegetativo. El T5 mostró una altura cercana a 59 cm, por lo que no presentó diferencias significativas con el tratamiento 4. Los T2, T6 y T8 registraron alturas intermedias de aproximadamente 52, 42 y 47 cm, respectivamente. Por otra parte, los tratamientos T3 y T7 alcanzaron alturas promedio de 40 y 38 cm, respectivamente. Finalmente, el T1 presentó la menor altura, con un promedio cercano a 34 cm, siendo significativamente inferior al T4. En términos generales, la altura de planta osciló entre 34 y 65 cm, lo que evidencia una amplia variabilidad fenotípica entre los materiales evaluados. Esta diferencia de aproximadamente 31 cm entre el tratamiento más bajo y el más alto refleja el efecto del genotipo sobre el crecimiento vegetativo.

La altura de planta es una característica agronómica de gran importancia en el cultivo de *C. annuum* L., ya que se relaciona con el vigor vegetativo, la capacidad fotosintética y, en algunos casos, con el potencial productivo de los genotipos. Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, destacando el T4 como el material de mayor crecimiento vegetativo, mientras que el T1 presentó el menor desarrollo en altura. Las diferencias observadas pueden atribuirse principalmente a la variabilidad genética existente entre los materiales evaluados. Diversos estudios han reportado que la altura de planta es un carácter cuantitativo influenciado por múltiples genes y por su interacción con el ambiente. De acuerdo con Tripodi y Kumar (2019), los genotipos de *Capsicum* presentan una amplia diversidad morfológica que se manifiesta en características como porte de planta, arquitectura vegetal y vigor de crecimiento. El mayor crecimiento observado en los tratamientos T4 y T5 podría estar asociado con una mayor eficiencia en la utilización de recursos, una mayor capacidad fotosintética o una mejor adaptación a las condiciones de cultivo bajo malla sombra. Por el contrario, los tratamientos de menor altura, particularmente el T1, pueden corresponder a materiales genéticamente compactos o de porte bajo, característica que en ciertos sistemas de producción puede resultar favorable debido a una mayor densidad de siembra y facilidad de manejo.

Resultados similares fueron reportados por Rodríguez *et al.* (2021), quienes encontraron diferencias significativas en altura de planta entre genotipos de chile, registrando valores que oscilaron entre 30 y 70 cm bajo condiciones protegidas. Asimismo, Barchenger *et al.* (2022) señalan que la altura de planta constituye uno de los principales descriptores morfológicos utilizados en programas de caracterización y mejoramiento genético de *Capsicum*, debido a su alta variabilidad y heredabilidad.

Por otro lado, la ADP es una variable agronómica estrechamente relacionada con el vigor vegetativo y el estado fitosanitario de las plantas. En cultivos de *C. annuum* L., las enfermedades radiculares causadas por patógenos como

Phytophthora capsici, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* y nematodos del género *Meloidogyne* afectan el desarrollo del sistema radical, limitando la absorción de agua y nutrientes. Como consecuencia, las plantas presentan menor crecimiento vegetativo, reducción de la altura y disminución de la biomasa aérea. En el presente estudio, los tratamientos T4 y T5 registraron las mayores alturas de planta, lo que sugiere una mejor capacidad de crecimiento y adaptación a las condiciones de cultivo. Este comportamiento podría estar asociado con una mayor tolerancia a factores bióticos del suelo, permitiendo un desarrollo más eficiente del sistema radical y una adecuada absorción de recursos. Por el contrario, los tratamientos que presentaron menor altura, particularmente el T1, podrían ser más susceptibles a condiciones adversas que afectan el crecimiento de las raíces, reflejándose en un menor desarrollo vegetativo. Diversos estudios han señalado que las plantas de chile afectadas por enfermedades radiculares presentan reducción en la altura debido al deterioro de las raíces y a la disminución del transporte de agua y nutrimentos hacia la parte aérea. Lamour *et al.* (2012) reportaron que infecciones por *Phytophthora capsici* ocasionan disminuciones significativas en el crecimiento vegetativo, mientras que Mihovilovich *et al.* (2021) indican que los genotipos con mayor tolerancia a patógenos del suelo suelen mantener un crecimiento más vigoroso y una mayor altura de planta en comparación con materiales susceptibles.

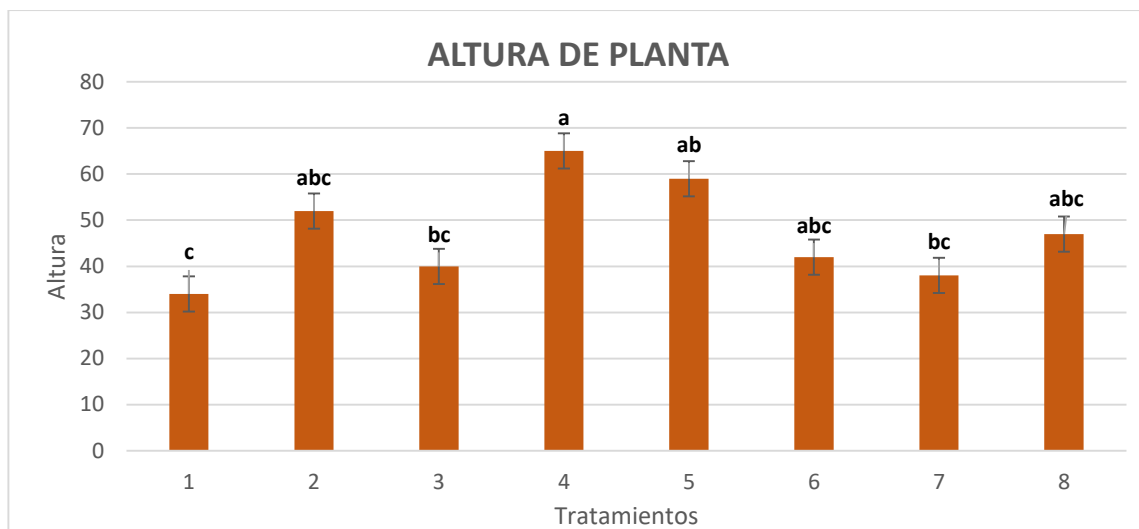


Figura 5. Altura de planta en ocho tratamientos evaluados bajo condiciones de malla sombra.

4.4 Diámetro de tallo (DDT)

La variable DDT presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, como se observa en la prueba de comparación de medias (Figura 6). El T4 registró el mayor diámetro promedio de tallo, con un valor cercano a 10 mm. Evidenciando una respuesta favorable en el crecimiento y vigor de las plantas. Este tratamiento fue significativamente superior a los otros tratamientos. Los T2, T5 y T7 alcanzaron un DDT promedio cercano a 8 mm mostrando valores relativamente altos en comparación con el resto de los tratamientos. Debido a ello, no presentaron diferencias significativas con respecto al T4. Por otro lado, los tratamientos T1, T3, T6 y T8 presentaron diámetros intermedios, con valores aproximados de 6 y 8 mm, siendo los de menor respuesta en esta variable y mostrando diferencias significativas con el T4. En términos generales, el DDT tuvo diferencia entre 6 y 10 mm, lo que evidencia variabilidad fenotípica en la respuesta de los tratamientos evaluados. La diferencia observada entre los tratamientos con menor diámetro y aquel que alcanzó el valor más alto refleja el efecto de los tratamientos sobre el desarrollo vegetativo de las plantas, ya que está relacionada con una característica asociada con el vigor, la resistencia mecánica y la capacidad de transporte de agua y nutrientes.

El DDT es una característica agronómica de gran importancia el cultivo de Chile, ya que constituye un indicador del vigor vegetal, la capacidad de soporte de la planta y la eficiencia en el transporte de agua y nutrientes. Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, destacando el T4 como el material que presentó el mayor diámetro de tallo, lo que evidencia un mejor desarrollo vegetativo. En contraste, los tratamientos con menores valores de diámetro mostraron un crecimiento menos vigoroso. Las diferencias observadas pueden atribuirse principalmente a la variabilidad genética existente entre las líneas evaluadas, así como a la capacidad diferencial de cada genotipo para expresar características asociadas con el crecimiento y desarrollo de la planta.

De acuerdo con Bahena *et al.*, (2012), el DDT se relaciona directamente con el número de hojas, además, favorece la resistencia al daño mecánico, así como el desarrollo del sistema vascular, mejorando los procesos fisiológicos de la planta. En este sentido, el mayor DDT observado en el T4, seguido de T2, T5 y T7, podrían estar asociados con una mayor capacidad de crecimiento y un mejor desarrollo estructural de las plantas, lo que sugiere una respuesta fisiológica más favorable frente a las condiciones de manejo y ambiente, en los tratamientos puede estar relacionado con una mayor eficiencia en la utilización de recursos, así como el desarrollo más efectivo del sistema vascular, lo cual favorece procesos fisiológicos de la planta. Por el contrario, los tratamientos con menor valor de diámetro, como T1, T3, T6 y T8, podrían reflejar un menor vigor o una menor eficiencia en el aprovechamiento de los recursos disponibles, lo que se traduce en desarrollo vegetativo más limitado. Asimismo, esta variabilidad entre tratamientos evidencia posibles diferencias en la respuesta de los materiales evaluados, lo cual puede ser influenciado tanto por factores genéticos como por la interacción con las condiciones del cultivo. Mis-Valdes *et al.*, (2022) mencionan que la diferenciación de diámetro de tallo puede deberse al comportamiento de los genotipos resultantes de un cruzamiento, observándose generalmente un comportamiento intermedio en los materiales híbridos. Este resultado es esperado ya que, al provenir de la combinación de dos genotipos distintos, es

natural que el carácter heredado se exprese de forma intermedia entre los progenitores.

Azad *et al.*, (2020) y Olaniyi *et al.*, (2018) muestran que las variedades dulces presentan tallos más robustos que los chiles picantes, con diámetros que aumentan progresivamente desde plántula (2 a 5 mm) hasta planta adulta (10 a 25 mm). Este patrón se confirma en estudios locales en Chile (Villalobos *et al.*, 2015), lo que indica que los rasgos genéticos de la especie determinan un rango básico de diámetro que puede ser optimizado mediante manejo.

Si bien el rango de diámetro adulto se sitúa entre 10 a 20 mm en la literatura chilena, factores como estrés hídrico, nutrientes insuficientes o baja intensidad lumínica pueden generar tallos delgados, debilitando la planta y reduciendo el rendimiento. Por ello, las estrategias de manejo deben considerar tanto la genética de la variedad como las condiciones ambientales y de cultivo.

Por otro lado, el tutorado y la poda influyen directamente en el desarrollo del tallo. Gupta y Sharma (2017) encontraron que la luz suficiente favorece tallos más gruesos y cortos, mientras que la poda y el tutorado incrementan el diámetro hasta 25 mm Kaur *et al.*, (2019). El diámetro del tallo es un indicador de vigor vegetal, el cual se asocia indirectamente con la tolerancia a enfermedades radiculares, ya que plantas más vigorosas poseen mayor capacidad de transporte de agua y nutrientes, así como mejor recuperación frente al daño causado por patógenos del suelo (Bosland y Votava, 2012; Acquaah, 2009). En general, un tallo más grueso en chile se relaciona con mayor vigor y puede contribuir a una mayor tolerancia a enfermedades radiculares; sin embargo, no las evita directamente, sino que favorece la capacidad de la planta para resistir y recuperarse del estrés.

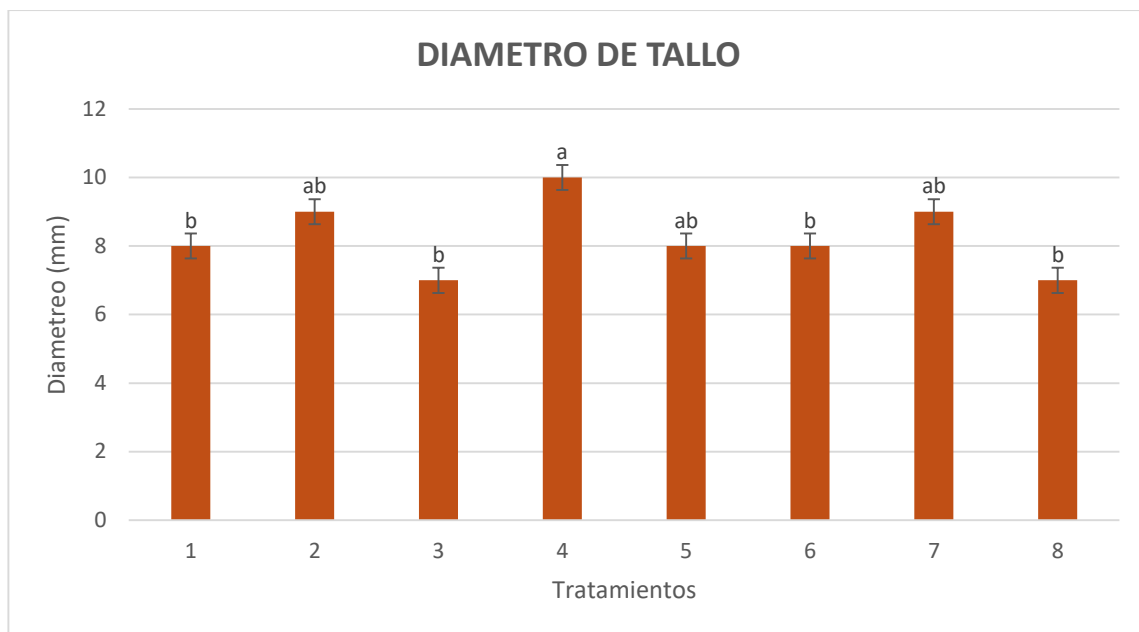


Figura 6. Diámetro de tallo de plantas de chile evaluados bajo condiciones de malla sombra.

4.5 Rendimiento de fruto (RDF)

La variable RDF no presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, de acuerdo con la prueba de comparación de medias (Figura 7). Todos los tratamientos fueron agrupados dentro de la misma categoría estadística, lo que indica que las variaciones observadas en los valores promedios no fueron suficientes para establecer diferencias significativas entre ellos. No obstante, de manera numérica, el T2 registro el mayor RDF promedio, con valor cercano a 255 gr de fruto, seguido por el T1 y T3, con aproximadamente 230 y 210 gr, respectivamente. Por lo contrario, el T4 presento el menor rendimiento, con un valor cercano a 124 gr de fruto. Los tratamientos T5, T6, T7 y T8 mostraron valores intermedios, con una variación entre 145 y 200 gr de fruto.

La ausencia de diferencias significativas entre tratamientos, sugiere que las líneas evaluadas tuvieron un efecto similar sobre el RDF. Sin embargo, las diferencias numéricas observadas podrían estar asociadas con la variabilidad inherente del material vegetal, así como con factores fisiológicos y ambientales que influyen en el desarrollo y llenado de los frutos.

Asimismo, la usencia de diferencias significativas podría estar asociada a la influencia de la una interacción genotipo x ambiente sobre la expresión del rendimiento. Rodríguez *et al.* (2021) señalan que el comportamiento productivo en Chile está determinado no solo por el potencial genético de los materiales, sino también por las condiciones ambientales en las que se desarrollan, las cuales pueden reducir o amplificar las diferencias entre genotipos. De manera similar, Sahmat *et al.* (2024) reportan que la respuesta de los genotipos de Chile puede variar considerablemente en función del ambiente de cultivo, observándose en algunos casos similitudes entre materiales con diferentes orígenes genéticos. En este sentido, los resultados obtenidos sugieren que los tratamientos evaluados poseen una capacidad productiva comparable y una adecuada adaptación a las condiciones de malla sombra, por lo que la selección de materiales podría complementarse con la evaluación de otras variables agronómicas y de calidad de fruto. Por su parte, Russo, (2008) reportó que ciertas prácticas de manejo pueden modificar componentes individuales del rendimiento sin generar diferencias significativas en la producción total, debido a un mecanismo de compensación entre número y peso de frutos. De manera similar, Watabe *et al.* (2021) indica que el rendimiento de fruto está estrechamente relacionado con la capacidad de la planta para producir y distribuir materia seca hacia órganos reproductivos, por lo que condiciones ambientales similares pueden favorecer respuestas productivas equivalentes entre materiales.

Los resultados obtenidos indican que las líneas evaluadas fueron capaces de mantener niveles de rendimiento estables aun cuando se desarrollaron en un suelo con antecedentes de contaminación por patógenos causantes de enfermedades radiculares. Aunque no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$), la ausencia de reducciones drásticas en el peso de fruto sugiere que los materiales evaluados poseen mecanismos de tolerancia que les permitieron completar su ciclo productivo sin afectaciones severas en su capacidad de rendimiento. Las líneas evaluadas lograron mantener valores de rendimiento que oscilaron entre aproximadamente 128 y

255 g de fruto, lo que evidencia una adecuada adaptación a las condiciones del suelo donde se estableció el experimento.

Particularmente, las líneas correspondientes a los tratamientos T1, T2, T3 y T5 presentaron los mayores valores de rendimiento, destacando el T2 con un promedio de 255 g de fruto. Esto sugiere que dichos materiales poseen características genéticas favorables que les permiten mantener la funcionalidad de su sistema radical aún bajo condiciones de presión de enfermedad.

La estabilidad observada en el rendimiento sugiere que las líneas evaluadas poseen potencial como fuentes de germoplasma para programas de mejoramiento genético enfocados en la obtención de variedades con tolerancia a enfermedades radiculares de alto rendimiento.

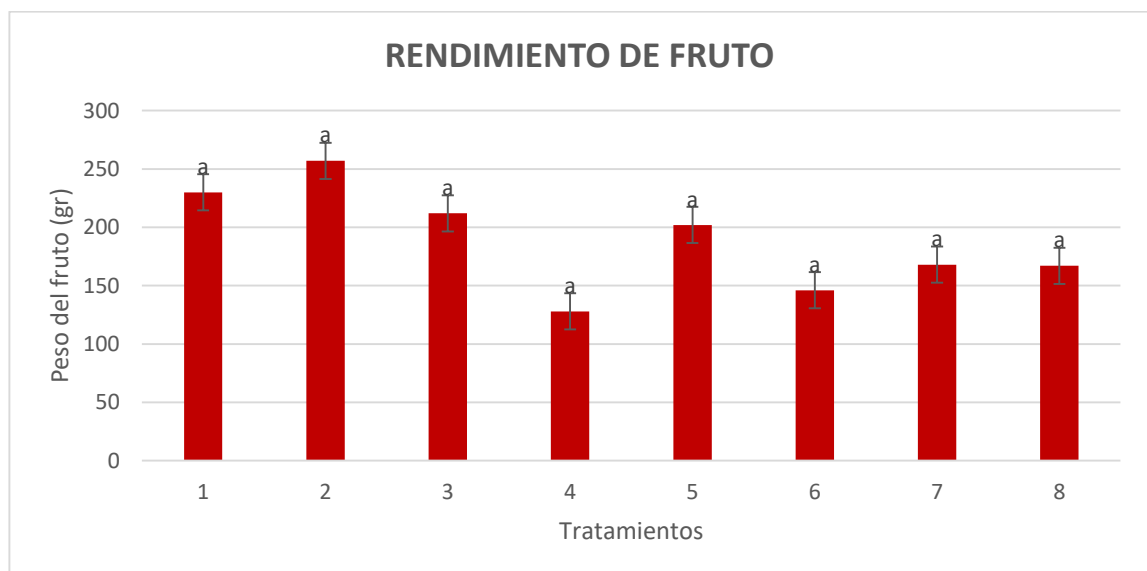


Figura 7. Rendimiento de fruto en gr de ocho líneas evaluadas bajo condiciones de malla sombra.

4.6 Número de frutos por planta (NFP)

La variable NFP no presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p \leq 0.05$), de acuerdo con la prueba de comparación de medias (Figura 8). Todos los tratamientos fueron agrupados en la misma categoría, lo que indica que tuvieron un comportamiento similar. Sin embargo, se observaron variaciones numéricas entre tratamientos, siendo el T5 el que registró mayor número de frutos por planta, con 23 frutos, seguido del T2 y T4 con valores de 22 y 17 frutos, respectivamente. Por el contrario, el T8 y T3 presentaron menor número con 7 y 8 frutos por planta. Los tratamientos restantes mostraron valores intermedios con 12 y 13 frutos por planta.

La estabilidad observada en el número de frutos por planta es de importancia debido a que el cultivo se estableció en un suelo con antecedentes de contaminación por patógenos causantes de enfermedades radiculares. Generalmente, la presencia de organismos como *Phytophthora capsici*, *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani* y *Pythium spp.* afectan el desarrollo del sistema radical, disminuyendo la absorción de agua y nutrientes, lo que se traduce en una reducción del crecimiento vegetativo, aborto floral y menor formación de frutos (Ristaino y Johnston, 1999; Lamour *et al.*, 2012).

Sin embargo, las líneas evaluadas fueron capaces de mantener su capacidad reproductiva, evidenciando una adecuada adaptación a las condiciones de estrés presentes en el suelo. El T2 y T5 destacaron por presentar el mayor número de frutos por planta, lo que podría indicar una mayor capacidad para tolerar los efectos negativos ocasionados por los patógenos radiculares. La conservación de la producción de flores y frutos bajo condiciones adversas es considerada un atributo deseable en programas de mejoramiento genético, ya que permite mantener niveles aceptables de productividad aun cuando existe presión de enfermedad (Bosland y Votava, 2012).

Asimismo, las líneas evaluadas no presentaron una reducción drástica en el número de frutos y esto nos sugiere que los materiales poseen mecanismos fisiológicos o genéticos que les permiten mantener la funcionalidad del sistema

radical y sostener el desarrollo reproductivo. Esta respuesta coincide con lo observado en la variable rendimiento de fruto, donde los materiales también mantuvieron valores productivos favorables a pesar de las condiciones del suelo.

De acuerdo con Pérez-Castañeda *et al.* (2015), la identificación de materiales capaces de mantener su productividad bajo condiciones adversas constituye una estrategia fundamental para los programas de mejoramiento genético, ya que estos genotipos pueden aportar genes relacionados con tolerancia a enfermedades y estabilidad de rendimiento. En este sentido, el T2 y T5 pueden considerarse materiales promisorios debido a su mayor producción de frutos y su capacidad para expresar un comportamiento agronómico favorable en condiciones de suelo contaminado.

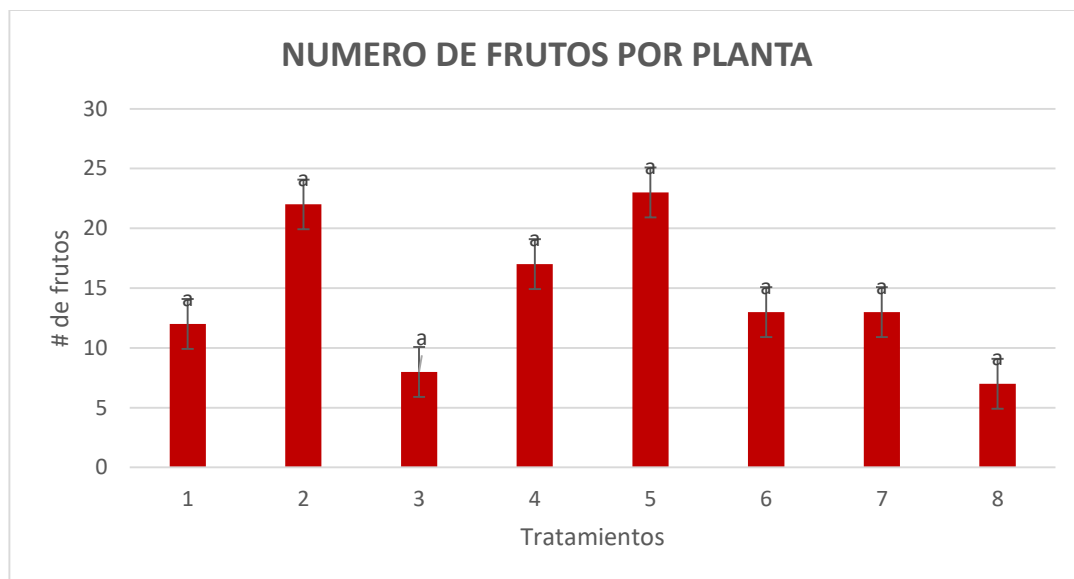


Figura 8. Número de frutos por planta de ocho tratamientos evaluadas bajo condiciones de malla sombra.

4.7 Peso promedio del fruto (PPF)

Las variables PPF presento diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p \leq 0.05$), según la prueba de comparación de medias (Figura 9) el T3 presento un mayor PPF, con 23gr, seguido del T8 que tuvo un peso de 22 gr mostrando un comportamiento similar. Los tratamientos T1, T2, T6, T7 presentaron valores intermedios, con pesos promedio aproximado 18,14, 10 y 12

respectivamente. Mientras que, el T4 registro un peso promedio de 6 gr diferenciándose significativamente del tratamiento T3. En términos generales, el peso promedio del fruto oscilo entre 6 y 23 gr, evidenciando una amplia variación en la respuesta de los tratamientos evaluados. La diferencia observada a 17 gr entre los tratamientos de menor y mayor peso sugiere que los tratamientos influyeron de manera importante en el desarrollo y acumulación de biomasa del fruto, afectando directamente una de las variables de mayor relevancia agronómica para el rendimiento y la calidad de la producción. Las diferencias observadas pueden atribuirse principalmente a la variabilidad genética existen entre los materiales evaluados, así como a la capacidad diferencial de cada genotipo para aprovechar los recursos disponibles y destinarlos al llenado y desarrollo de los frutos. Asimismo, factores fisiológicos relacionados con la fotosíntesis y la absorción pueden haber contribuido a la variación registrada entre tratamientos. Los tratamientos que presentaron pesos intermedios reflejan una respuesta moderada en la producción de biomasa del fruto, mientras que aquellos con mayores valores evidencian características favorables para incrementar el rendimiento potencial del cultivo. Los tratamientos confirman la influencia del componente genético sobre esta variable, resaltando la importancia de la selección de materiales con mayor producción. El manejo agronómico juega un papel fundamental en la determinación del peso de fruto. Estudios han demostrado que la densidad de plantación, la poda y la fertilización afectan la distribución de recursos dentro de la planta, permitiendo que algunos frutos alcancen mayor tamaño cuando el número de frutos por planta es controlado (López-Gómez *et al.*, 2020; Chávez Sánchez & Luján Favela, 2003). Por ejemplo, la poda selectiva de ramas reduce la competencia entre frutos, incrementando el peso promedio por fruto y mejorando la calidad del fruto cosechado. Además, las enfermedades y el estrés ambiental pueden reducir significativamente el peso de fruto. Patógenos como *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* o virus como TMV y CMV interfieren con la absorción de nutrientes y con la fisiología reproductiva, provocando abortos de fruto y frutos subdesarrollados (Zitter, 2002; Ochoa-Alejo y Ramírez-Malagón, 2001). Esto coincide con la observación de que

las plantas sometidas a estrés múltiple (nutricional y patológico) tienden a producir frutos más pequeños y en menor cantidad, evidenciando la estrecha relación entre sanidad vegetal y rendimiento.

La interacción entre genética, manejo y ambiente sugiere que la optimización del peso promedio de fruto requiere un enfoque integrado. La selección de variedades con potencial genético para frutos grandes, combinada con prácticas de manejo que minimicen la competencia entre frutos y reduzcan la incidencia de enfermedades, resulta esencial para maximizar el rendimiento por planta y la calidad de la cosecha (Cantliffe, 1985, López-Gómez *et al.*, 2020).

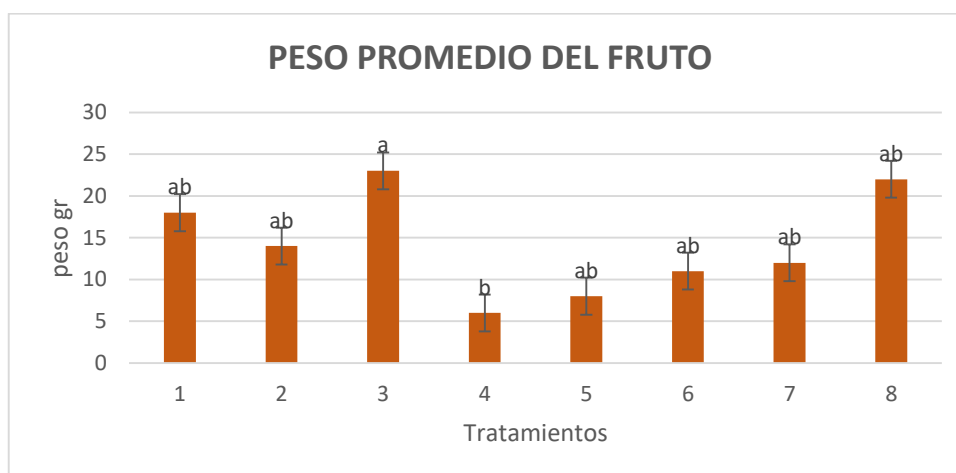


Figura 9. Peso promedio de fruto gr de ocho tratamientos de chile evaluados bajo condiciones de malla sombra.

4.8 Vitamina C (VC)

La variable contenida de VC presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Figura 10). El T4 registró el mayor contenido de VC. Por su parte, el T6 presentó un contenido cercano, por lo que no mostró diferencias significativas con el tratamiento de mayor valor. Los tratamientos T1, T2 y T3 registraron valores similares, que el T7. Estos tratamientos compartieron grupos estadísticos intermedios, indicando una respuesta similar entre ellos. El T5 presentó un contenido cercano, el T8 registró el menor contenido de vitamina C,

diferenciándose significativamente del tratamiento T4. En términos generales, el contenido de VC osciló fuertemente, evidenciando una amplia variabilidad entre los tratamientos evaluados. La VC es uno de los principales compuestos nutraceuticos presentes en los frutos de chile, debido a su función antioxidante y a su importancia en la calidad nutricional del producto. Los resultados obtenidos indican que existieron diferencias significativas entre los tratamientos, lo que sugiere una marcada influencia del genotipo sobre la acumulación de ácido ascórbico en los frutos.

El tratamiento T4, que presentó el mayor contenido de vitamina C, evidenció una mayor capacidad para sintetizar y acumular este compuesto durante el desarrollo y maduración del fruto. Esta respuesta puede estar asociada a características genéticas particulares que favorecen la actividad metabólica relacionada con la biosíntesis de antioxidantes. De manera similar, el tratamiento T6 mostró valores elevados, lo que indica un potencial importante para la producción de frutos con mayor calidad nutricional.

Por el contrario, el tratamiento T8 registró los menores contenidos de vitamina C, lo que podría estar relacionado con una menor eficiencia metabólica para la síntesis o acumulación de ácido ascórbico. Las diferencias observadas entre tratamientos también pueden estar influenciadas por factores fisiológicos asociados al crecimiento del fruto, la disponibilidad de fotoasimilados y la respuesta de cada material a las condiciones de cultivo bajo malla sombra.

En conjunto, los resultados demuestran la existencia de variabilidad entre los materiales evaluados para esta característica de calidad, destacando a los tratamientos T4 y T6 como alternativas para programas de mejoramiento genético y sistemas de producción orientados a obtener frutos con mayor valor productivo. Ramírez, (2009) menciona que la tolerancia al estrés por temperaturas frías se relaciona con un alto contenido de Vitamina C en hojas. Lee y Kader, (2000) mencionan que los ambientales y de manejo agronómico influyen de manera significativa en este compuesto. La radiación solar, la

temperatura y el estado nutrimental del cultivo pueden modificar la síntesis de vitamina C. En particular, condiciones de estrés moderado pueden estimular la producción de antioxidantes como mecanismo de defensa, mientras que el estrés severo o la presencia de enfermedades tienden a reducir su acumulación debido a la disminución de la actividad fotosintética y el deterioro fisiológico de la planta

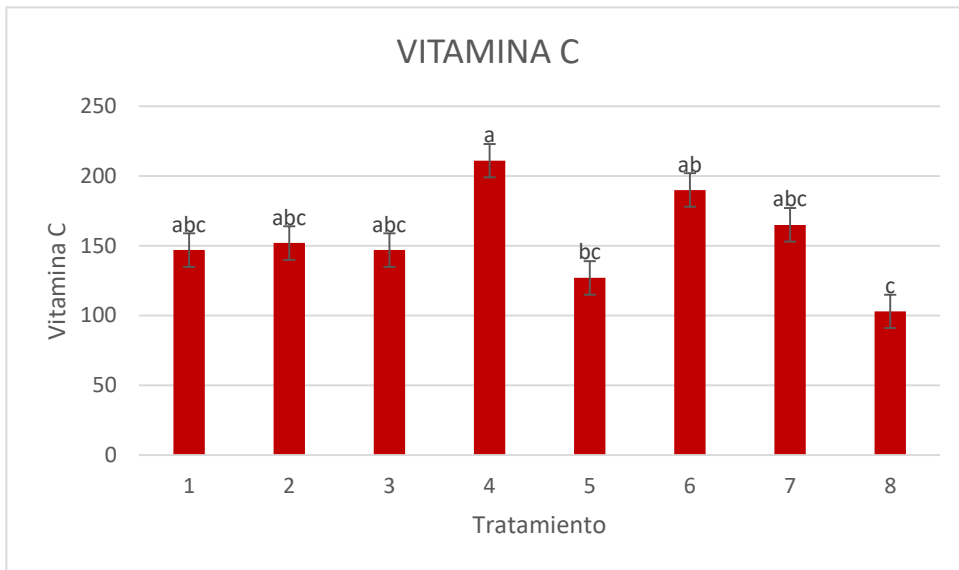


Figura 10. Contenido de Vitamina C de chiles evaluadas bajo condiciones de malla sombra.

Morfología de las líneas evaluadas

Minipimiento (T1): Se caracterizó por presentar plantas de porte bajo y hábito de crecimiento ramificado. Las hojas mostraron una coloración verde intermedia, con láminas foliares anchas y de longitud media. Las plantas alcanzaron una altura relativamente reducida en comparación con otros tratamientos. Los frutos fueron de tamaño pequeño y durante su proceso de maduración experimentaron un cambio de color, pasando de verde a una tonalidad naranja al alcanzar la madurez fisiológica. Además, se distinguieron por presentar un sabor dulce, característica apreciada para su consumo en fresco (Figura 11 y 12).



Figura 11. Planta de minipimiento evaluadas bajo condiciones de malla sombra.



Figura 12. Fruto de minipimiento evaluadas bajo condiciones de malla sombra.

Pimiento (T2): Planta de porte medio, ramificaciones moderadas con hojas ovaladas de color verde intermedio anchas ligeramente estrechas, los frutos son de tamaños mediano, con coloración amarillo después de su madurez y de sabor dulce (Figura 13 y 14).



Figura 13. Planta de pimiento evaluadas bajo condiciones de malla sombra.



Figura 14. Fruto de pimiento evaluados bajo condiciones de malla sombra.

Jalapeño = cruza de jalapeño con pimiento (T3): Se caracteriza por presentar plantas intermedias, hojas de color verde oscuro anchas y de longitud media, altura intermedia, los frutos son de tamaño grande con una coloración que varío de verde a amarillo al alcanzar la maduración, de sabor dulce con un ligero picor (Figura 15 y16).



Figura 15. Fruto de jalapeño evaluados bajo condiciones de malla sombra.



Figura 16. Planta de cruza Jalapeño con pimiento bajo condiciones de malla sombra.

Jalapeño ESTS = cruza de criollo Morelos con jalapeño (T4): Son plantas de porte alto con pubescencia densa, con hojas de color verde intermedio de forma ovalada con ancho medio y longitud media, los frutos son de tamaño mediano de color que evoluciona de verde a amarillo y después a rojo en su madurez y su sabor es picoso (Figura 17).



Figura 17. Fruto de jalapeño ESTS evaluados bajo condiciones de malla sombra.

Pimiento EJTS = cruza de pimiento con criollo Morelos (T5) pimiento EJTS:

Son plantas de porte intermedio con pubescencia, las hojas son de forma lanceada de color verde intermedio con pubescencia intermedias con ancho medio longitud larga, los frutos son de tamaño pequeños de coloración verde a rojo al alcanzar la madurez y un sabor picante (Figura 18 y 19).



Figura 18. Planta de chile de cruza Morelos con pimiento bajo condiciones de malla sombra.



Figura 19. Fruto de pimiento EJTS evaluados bajo condiciones de malla sombra.

EJTS-7 = cruza de pimiento con jalapeño picante (T6): Las plantas son de altura intermedia, las hojas de color verde claro de forma ovalada, con ancho medio y longitud corta, los frutos son de tamaños mediano, de coloración que varía de verde a amarillo, y al alcanzar la madurez es de sabor picante intenso (Figura 20).



Figura 20. Fruto de EJTS-7 evaluados bajo condiciones de malla sombra

EJTS 14 (T7): Se caracteriza por presentar una planta de altura intermedia las hojas son de color verde intermedio de ancho medio y longitud media, los frutos son de tamaños medianos de color verde a tonalidad naranja al alcanzar la madurez (Figura 21).



Figura 21. Fruto de EJTS-14 línea pura evaluados bajo condiciones de malla sombra

Jalapeño 2 = cruza de jalapeño y pimiento (T8): Planta de altura media, las hojas son de color verde intermedio de forma deltoides con ancho medio y longitud larga, los frutos son medianos a largos de coloración verde a rojo claro al alcanzar su maduración y de sabor picante (Figura 22 y 23).



Figura 22. Planta de jalapeño bajo condiciones de malla sombra.



Figura 23. Fruto de jalapeño 2 evaluados bajo condiciones de malla sombra.

V. CONCLUSIONES

La evaluación de ocho líneas de *C. annuum* L. bajo condiciones de malla sombra permitió identificar una importante variabilidad morfológica y agronómica entre los materiales estudiados. Los resultados mostraron diferencias significativas en variables como días a floración, altura de planta, diámetro de tallo, peso promedio de fruto y contenido de vitamina C, evidenciando la influencia del componente genético sobre el comportamiento de cada línea. Asimismo, la caracterización realizada permitió diferenciar materiales con características sobresalientes de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto.

Entre los materiales evaluados, la línea T4 (jalapeño ESTS) destacó por presentar mayor altura de planta, mayor diámetro de tallo y con un contenido alto de vitamina C, característica que indican un buen vigor vegetativo y una adaptación a las condiciones de cultivo bajo malla sombra. Por otra parte, las líneas T2 (pimiento) y T5 (pimiento EJTS) sobresalieron registrando los mayores valores de rendimiento y número de frutos por planta, manteniendo una respuesta productiva favorable aun cuando el experimento se desarrolló en un suelo con antecedentes de enfermedades radiculares.

En conjunto, las líneas T4 (jalapeño ESTS), T2 (pimiento) y T5 (pimiento EJTS) fueron los materiales que mostraron la mejor adaptación al sistema de producción bajo malla sombra, al combinar vigor vegetativo, estabilidad productiva y características agronómicas sobresalientes. La ausencia de reducciones drásticas en las variables de rendimiento y producción de frutos sugiere que estos materiales presentan mecanismos de tolerancia que les permitieron desarrollarse adecuadamente en un suelo con presencia de patógenos causantes de enfermedades radiculares. Esto indica que dichas líneas constituyen materiales promisorios para futuros programas de selección y mejoramiento genético enfocados en la obtención de variedades con mayor tolerancia a enfermedades radiculares, alto rendimiento y mejor calidad de fruto.

Con los resultados obtenidos se confirma la existencia de una amplia variabilidad genética entre las líneas de *C. annuum* L. evaluadas, permitiendo identificar materiales élite con potencial para su utilización en programas de mejoramiento genético y producción comercial bajo malla sombra. En particular, las líneas T4 (Jalapeño ESTS), T2 (Pimiento) y T5 (Pimiento EJTS) pueden considerarse las más sobresalientes por su desempeño agronómico integral, adaptación a las condiciones de cultivo y posible tolerancia a enfermedades radiculares, constituyendo una valiosa fuente de germoplasma para el desarrollo de nuevas variedades de chile.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aviléz Alvear, A. A. (2016). *Evaluación agronómica de híbridos de pimiento, con la aplicación de fertilizantes de liberación controlada más activadores fisiológicos, en la zona de Baba* (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2016).
2. Aguilar Rincón, V. H. (2012). Cultivo del chile en México. *Revista fitotecnica mexicana*, 35(4), 264-264.
3. Aguirre-Mancilla, C. L., Iturriaga de la Fuente, G., Ramírez-Pimentel, J. G., Covarrubias-Prieto, J., Chablé-Moreno, F., & Raya-Pérez, J. C. (2017). El chile (*C. annuum* L.), cultivo y producción de semilla. *Cienc. Tecnol. Agropec. Méx*, 5, 19-27.
4. Arévalo, G. (2015). *Determinación de la eficiencia de manejo de nutrientes y agua en tres variedades de pimiento de color (capsicum annum) bajo hidroponía en condiciones de invernadero en Mulacagua, departamento de Comayagua, Honduras* (Doctoral dissertation, Universidad de Almería).
5. Azad, M. S., Rahman, M. H., & Islam, M. T. (2020). *Morphological and physiological traits of Capsicum annum under different nutrient regimes*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*.
6. Acquaah, G. (2009). *Principles of plant genetics and breeding*. John Wiley & Sons.
7. Barboza, G. E., García, C. C., Scaldaferrro, M. A., & Romero, M. V. (2022). Taxonomy and diversity of the genus *Capsicum* (Solanaceae). *PhytoKeys*, 200, 1–46.
8. Bahena-Delgado, G., Bustos-Rangel, A. J., Broa-Rojas, E., & Jaime-Hernández, M. Á. (2012). Comportamiento agronómico del chile criollo (*Capsicum annum* L.) en fertirrigación con acolchado plástico y cubierta flotante en Xalostoc, Morelos. *Ingeniería agrícola y biosistemas*, 4(1), 19-24.
9. Betancourth, C. A., Sañudo, B. A., Flórez, C. A., & Salazar, C. E. (2023). Alternativas para el manejo integrado de *Rhizoctonia solani* Kühn en el cultivo de papa. *Información tecnológica*, 34(3), 1-10.

10. Bojacá, C., Monsalve, O., Casilimas, H., Gil, R., Arias, L. A., & Fuentes, L. S. (2012). *Manual de producción de pimentón bajo invernadero*. Editorial Tadeo Lozano.
11. Bosland, P. W., & Votava, E. J. (2012). *Peppers: Vegetable and Spice Capsicums*. 2nd Edition. CABI Publishing.
12. Bosland, P. W., Votava, E. J., & Votava, E. M. (2012). *Peppers: vegetable and spice capsicums* (Vol. 22). Cabi.
13. Barchenger, D. W., Naresh, P., Kumar, S., & Tripodi, P. (2022). Advances in pepper breeding and genetics. *Frontiers in Plant Science*, 13, 845479.
14. Carmen Colina-Vásquez, M. (2024). Bancos de Germoplasma: Importancia para la soberanía alimentaria. *Petroglifos Revista Crítica Transdisciplinar*, 7(1).
15. Carrillo-Montoya, K., & Vargas-Rojas, J. C. (2023). Rendimiento, características morfológicas y calidad del chile dulce (*Capsicum annuum* L.) bajo dos densidades de siembra y tipos de podas. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3).
16. Cantliffe, D. J. (1985). *Environmental and disease effects on fruit set and yield of pepper*. *HortScience*, 20(4), 699–703.
17. Chávez Sánchez, N., & Luján Favela, M. (2003). *El arreglo topológico y su efecto en el crecimiento, desarrollo y producción del chile jalapeño (Capsicum annuum L.)*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(2), 81–87.
18. Chiou, K. L., Aguilar-Meléndez, A., et al. (2024). *Interdisciplinary insights into the cultural and chronological context of chili pepper (Capsicum annuum var. annuum L.) domestication in Mexico*. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*.
19. Coyotl-Pérez, W. A., Flores-Hernández, M., Ramírez-Díaz, C. A., & Villarruano, N. (2025). Alternativas agroecológicas para contrarrestar enfermedades en cultivos de *Capsicum*. *Revista mexicana de fitopatología*, 43(SPE).
20. Cruz Huerta, N., Sánchez del Castillo, F., Ortiz Cereceres, J., & Mendoza Castillo, M. (2009). Altas densidades con despunte temprano en

rendimiento y período de cosecha en chile pimiento. *Agricultura técnica en México*, 35(1), 73-80.

21. Data México. 2024. *Frutos del Género Capsicum o Pimenta, Frescos o Refrigerados*. Secretaría de Economía. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/fruits-of-the-genus-capsicum-or-of-the-genus-pimenta-fresh-or-chilled>
22. Dry Chilies - Market Share Analysis, Industry Trends & Statistics, Growth Forecasts (2026-2031) en: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4622672/dry-chilies-market-share-analysis-industry>.
23. Elizondo-Cabalceta, E., & Monge-Pérez, J. E. (2017). Evaluación de rendimiento y calidad de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 3-14.
24. FAOSTAT. 2024. *Food and Agriculture Data*. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.
25. García, C. C., Barfuss, M. H. J., Sehr, E. M., Barboza, G. E., Samuel, R., Moscone, E. A., & Ehrendorfer, F. (2016). Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). *Annals of Botany*, 118(1), 35–51. <https://www.jstor.org/stable/26526497>
26. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21864_sg7.pdf
27. INTAGRI. 2020. Cultivo de Chile en México. Serie Hortalizas, Núm. 21. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p. https://www.intagri.com/public_files/21.%20Cultivo%20de%20Chile%20en%20Mexico.pdf
28. Ix-Nahuat, J. G., Latournerie-Moreno, L., Pech-May, A. M., Pérez-Gutiérrez, A., Tun-Suárez, J. M., Ayora-Ricalde, G., ... & Montes-Hernández, S. (2013). Valor agronómico de germoplasma de chile dulce

- (*Capsicum annuum* L.) en Yucatán, México. *Universidad y ciencia*, 29(3), 231-242.
29. Franco, J. D. D. M., García, S., Morel, M., Quezada, E. A., Núñez, P., & Matos, L. (2021). Efectividad de cepas nativas de *Trichoderma* spp. en el control de *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Pythium* en ají (*Capsicum annuum* L.) en invernadero. *APF*, 10(2), 41-56.
30. González-Pérez, E., Villalobos-Reyes, S., Núñez-Colin, C. A., & Canul-Ku, J. (2025). Caracterización morfológica de líneas avanzadas de chiles (*Capsicum annuum* L.) del centro de México. *Agronomía Mesoamericana*, 61651-61651.
31. Guzman, J. M. (2013). Evaluación de la producción y calidad de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cv'Cannon'obtenido mediante biofertilización.
32. Gupta, R., y Sharma, P. (2017). *Growth parameters of Capsicum annuum under different light intensities*. Journal of Plant Development Studies.
33. FAO. (2013). *Normas para bancos de germoplasma de recursos Fito genéticos para la alimentación y la agricultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/4/i3704s/i3704s.pdf>
34. Karim, K. R., Rafii, M. Y., Misran, A. B., Ismail, M. F. B., Harun, A. R., Khan, M. M. H., & Chowdhury, M. F. N. (2021). Current and prospective strategies in the varietal improvement of chilli (*Capsicum annuum* L.) specially heterosis breeding. *Agronomy*, 11(11), 2217.
35. Kaur, S., Singh, J., & Brar, A. S. (2019). *Effect of pruning and staking on stem diameter and fruit yield in Capsicum annuum*. Agricultural Research Journal.
36. Lamour, K. H., Stam, R., Jupe, J., & Huitema, E. (2012). The oomycete broad-host-range pathogen *Phytophthora capsici*. *Molecular Plant Pathology*, 13(4), 329–337.

37. León, J. J., Elías, J. L., López, M. A. H., López, A. M. G., Ortiz, R. S., & García, L. F. E. (2013). Postharvest quality and shelf life of green pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under open-field and greenhouse conditions. *Idesia (Chile)*, 3(4), 35-41
38. Lee, S. K., Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3), 207–220.
39. López-Ordaz, P., Orozco-Palma, G., Daza-Merino, C. L., Perea-Flores, M. J., Torres-Ventura, H. H., & Yáñez-Fernández, J. PRODUCCIÓN DE CHILE (*Capsicum* spp.) EN MÉXICO Y SUS BENEFICIOS MEDICINALES Y ALIMENTARIOS.
40. Lozano-Fernández, J., Orozco-Orozco, L. F., & Grisales-Vásquez, N. Y. (2022). Comportamiento agronómico de cultivares de pimentón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en campo abierto y en condiciones protegidas. *Terra Latinoamericana*, 40.
41. López-Gómez, J. D., Sotelo Nava, H., Villegas-Torres, O. G., & Andrade Rodríguez, M. (2020). Rendimiento y calidad del chile habanero en respuesta a la poda de conducción y régimen nutrimental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(2), 315–325
42. Martínez, J. S. J., Aquino-Bolaños, T., Ortiz-Hernández, Y. D., & Cruz-Izquierdo, S. (2019). Características de fruto y semilla de chile huacle (*Capsicum annuum* L.) producido en hidroponia. *Idesia (Arica)*, 37(2), 87-94.
43. Mihovilovich, E., García-Neria, M. A., & González-Chavira, M. M. (2021). Advances in breeding peppers for resistance to soilborne pathogens. *Agronomy*, 11(8), 1568.
44. Mis-Valdez, Y. A., Pinto, M. J., Garruña, R., Dzul, K. B., & Andueza-Noh, R. H. (2022). Características fenotípicas, nutricionales y nutraceuticas de frutos de chile x' catik, dulce y su híbrido F1 (*Capsicum annuum* L.). *Polibotánica*, (53), 183-195.

45. Narez-Jiménez, C. A., de la Cruz-Lázaro, E., Gómez-Vázquez, A., Márquez-Quiroz, C., & García-Alamilla, P. (2014). Colecta y caracterización morfológica in situ de chiles (*Capsicum* spp.) cultivados en Tabasco, México. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20(3), 269-281.
46. Marroquín, G. J. P., Arbeu, R. B., Gómez, J. M., Hernández, R. E., & Santos, H. F. PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN CHILE'JALAPEÑO'(*Capsicum annuum*) BAJO INVERNADERO EN CUATRO SUSTRATOS.
47. Mozqueda, A. Y. R. (2014). Mejoramiento genético para rendimiento en chile (*Capsicum annuum* L) para consumo en seco en la región centro-sur del estado Chihuahua, México. *Revista biológico agropecuaria Tuxpan*.
48. MORENO VEGA, A. L. B. E. R. T. O. (2014). *Mantenimiento y manejo de invernaderos*. Ediciones Paraninfo, SA.
49. Ochoa-Alejo, N., & Ramírez-Malagón, R. (2001). *Molecular biology of disease resistance in chili peppers (Capsicum spp.)*. *Physiologia Plantarum*, 112(4), 509–516.
50. Olaniyi, J. O., Akanbi, W. B., Adejumo, T. A., & Olatunji, O. (2018). *Stem characteristics and yield performance of pepper (Capsicum annuum)*. *International Journal of Vegetable Science*.
51. potásica en líneas mejoradas y material criollo de chile soledad (*Capsicum annuum* L.). *Ecosistemas y recursos agropecuarios* , 10 (SPE3).
52. Pérez-Castañeda, Laura Maryela, Castañón-Nájera, Guillermo, Ramírez-Meraz, Moisés, & Mayek-Pérez, Netzahualcóyotl. (2015). Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética de *Capsicum* spp.. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2(4), 117-128. Recuperado en 07 de junio de 2026, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282015000100009&lng=es&tlng=es.
53. Pickersgill, B. (1997). Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica*, 96(1), 129–133.

54. Ordoñez, TEP, Lara, TIB, Vera, JHC, Castillo, VMM, Haros, BR, & Canales, JMV Especialización y competitividad de la producción de chile en México Especialización y competitividad de la producción de chile en México.
55. Pérez-Castañeda, L. M., Castañón-Nájera, G., Ramírez-Meraz, M., & Mayek-Pérez, N. (2015). Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética de *Capsicum* spp. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2(4), 117-128.
56. Pérez-Acevedo, C. E., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chávez-Servia, J. L., Perales-Segovia, C., Enríquez del Valle, R., & Villegas-Aparicio, Y. (2017). Diagnóstico de síntomas y patógenos asociados con marchitez del chile en Valles Centrales de Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 281-293.
57. Peñaloza-Ramírez, J. M., Toxqui-Tapia, R., Pacheco-Olvera, A., Albarran-Lara, A. L., & Oyama, K. (2021). Genetic diversity and landscape genetic structure of *Capsicum annuum* L., from wild, backyard and cultivated populations in Oaxaca, Mexico. *Polibotánica*, 53, 101–120.
58. Ramírez-Seañez, AR, Alfonso-García, JM, Hernández-Hernández, H., Palacios-Torres, RE, Ramírez-Meraz, M., & Borroel-García, VJ (2023). Fertilización
59. Ramírez, H., Méndez-Paredes, O., Benavides-Mendoza, A., & Amado-Ramírez, C. (2009). Influencia de prohexadiona-Ca y promotores de oxidación sobre el rendimiento, capsaicina y vitamina C en chile jalapeño. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 15(3), 231-236.
60. Ristaino, J. B., & Johnston, S. A. (1999). Ecologically based approaches to management of *Phytophthora blight* on bell pepper. *Plant Disease*, 83(12), 1080–1089.
61. Rodríguez-López, M. D., Caamal-Cauich, I., Pat-Fernández, V. G., Perales-Salvador, A., & Barrios-Puente, G. (2024). Índices de competitividad del chile verde producido en México en el mercado mundial. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 15(8).

62. Rodríguez, Y., Peña, A., Latournerie, L., & Ramírez, P. (2021). Caracterización agronómica de genotipos de chile (*Capsicum annuum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(3), 321-330.
63. Rodrigues, P. C., Heuvelink, E., Marcelis, L. F., Chapman, S. C., & van Eeuwijk, F. A. (2021). An analysis of simulated yield data for pepper shows how genotype× environment interaction in yield can be understood in terms of yield components and their QTLs. *Crop Science*, 61(3), 1826-1842.
64. Russo, V. M. (2008). Yield in nonpungent jalapeño pepper established at different in-row spacings. *HortScience*, 43(7), 2018-2021.
65. Salinas, G. H., Lozano, A. E. A., Cavazos, M. L., Rivera, E. D. J. R., Vásquez, R. P., Leyva, C. S., & Zamudio, R. I. C. (2021). Composición proximal en morfotipos de chile Comapeño (*Capsicum annuum* L.) de Oaxaca y Veracruz, México, y su relación con factores climáticos. *Acta agrícola y pecuaria*, 7(1), 1-11.
66. Salinas-Romero, M., López, P. A., Gil-Muñoz, A., Toledo-Aguilar, R., & López-Sánchez, H. (2025). Evaluación del rendimiento y variables de planta de variedades de chile Loco de la Sierra Nevada de Puebla. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 12(1).
67. SADER. 2023. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. México, cuna del chile. SADER. México. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/mexico-cuna-del-chile?idiom=es/>
68. Sahmat, S. S., Rafii, M. Y., Oladosu, Y., Jusoh, M., Hakiman, M., & Mohidin, H. (2024). Unravelling the dynamics of genotype and environment interactions on chilli (*Capsicum annuum* L.) yield-related attributes in soilless planting systems. *Scientific Reports*, 14(1), 1698.
69. Sánchez, S. L., & Gutiérrez, L. G. F. (2016). El picor del chile: biosíntesis de la capsaicina y diferenciación morfológica. *Ciencias*, 118, 34-37.
70. SADER. 2020. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. México, el chile es parte de nuestra riqueza mexicana. SADER. México.

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-chile-es-parte-de-nuestra-riqueza-mexicana>

71. SADER. 2026. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. México, cuna del chile riqueza genética que da sabor al mundo. SADER. México.
72. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/mexico-cuna-del-chile-riqueza-genetica-que-da-sabor-al-mundo?idiom=es>
73. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2017). *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles_y_Pimientos-parte_uno.pdf.
74. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2024. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.
75. Taco-Huancara, D., Mena-Chacon, L. M., & Baltazar Zegarra-Aymara, L. A. (2024). Comportamiento agronómico y rentabilidad de híbridos de *Capsicum annuum* L. cv. Ancho San Luis cultivados en campo abierto en Perú. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 40(1), 23-32.
76. Tripodi, P., & Kumar, S. (2019). The Capsicum Crop: An Introduction. In *Compendium of Plant Genomes* (pp. 1–8). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97217-6_1
77. Ristaino, J. B., & Johnston, S. A. (1999). Ecologically based approaches to management of *Phytophthora blight* on bell pepper. *Plant Disease*, 83(12), 1080–1089.
78. Swamy, K.R.M. (2023). Origin, distribution, taxonomy, botanical description, genetic diversity and breeding of capsicum (*Capsicum annuum* L.), *International Journal of Development Research*, 13, (03), 61956-61977.
79. Lujan, P., & Goldberg, N. P. (2021). *Enfermedades del pimiento* (Circular 549). Facultad de Agricultura, Ciencias del Consumidor y del Medio Ambiente, Universidad Estatal de Nuevo México. <https://pubs.nmsu.edu/circulars/CR549/>

80. Velásquez-Valle, R., Reveles-Torres, L.R. y RevelesHernández, M. 2013. Manejo de las principales enfermedades del chile para secado en el norte centro de México. Folleto Técnico. Núm 50. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 57 páginas.
81. Villalobos, J., Rojas, M., & Contreras, L. (2015). *Caracterización morfológica de pimientos en Chile*. Revista Chilena de Agricultura.
82. Villota, J. (2014). Comportamiento agronómico de dos híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) con tres niveles de nitrógeno. *Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6533/1/VILLOTAPerezJONNATHAN.pdf>*.
83. Watabe, T., Homma, M., Ahn, DH y Higashide, T. (2021). Examen de los componentes del rendimiento y la relación entre la producción de materia seca y el rendimiento de frutos en pimiento dulce (*Capsicum annuum*) en invernadero. *The Horticulture Journal* , 90 (3), 247-254.
84. Zitter, T. A. (2002). *Diseases of pepper (Capsicum spp.) caused by viruses*. Plant Health Progress, 3(1), 1–8.