

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



Evaluación agronómica de dieciséis materiales genéticos de pimiento morrón
(*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero en la región Centro-Norte de
Zacatecas

Por:

EDGAR ISSAC MUÑOZ ROMERO

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

Evaluación agronómica de dieciséis materiales genéticos de pimiento morrón
(Capsicum annuum L.) bajo condiciones de invernadero en la región Centro-Norte
de Zacatecas

Por:

EDGAR ISSAC MUÑOZ ROMERO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité Asesor:


DR. NEYMAR CAMPOSECO MONTEJO
Asesor Principal


MC. MARIA DEL PILAR MARIN CORTEZ
Asesor Principal Externo


DR. FRANCISCO ALFONSO GORDILLO
MELGOZA
Coasesor


DR. ANTONIO FLORES NAVEDA
Coasesor


DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



DECLARACION DE NO PLAGIO

El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no 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 prestado los datos o la tesis para presentarla como propia ; omitir referencia bibliográficas o citar textualmente sin comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar el autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como lucro, reproducción, edición o modificación , será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

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

Pasante



Edgar Issac Muñoz Romero

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme vida, salud, fortaleza y la oportunidad de llegar hasta esta etapa de mi formación profesional, por permitirme concluir una meta tan importante en mi vida y ayudarme siempre.

A mi alma mater, la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por abrirme sus puertas y brindarme las herramientas necesarias para formarme como profesionista. Gracias por ser una segunda casa, por las experiencias vividas y por todos los aprendizajes que me llevo de esta etapa.

A mis padres, por su amor, su apoyo y el esfuerzo incondicional, gracias por siempre impulsarme a ser mejor persona, ser mi mayor ejemplo a seguir, inspirarme y por siempre estar presentes con sus consejos, su ejemplo y su respaldo,

A mi familia, por siempre acompañarme en mi vida universitaria por sus muestras de apoyo, gracias por motivarme a seguir creciendo y por formar parte de este logro.

A mis abuelos, por su cariño, sus enseñanzas, gracias por sus consejos y por el ejemplo de trabajo, humildad y fortaleza que siempre me han transmitido.

Al Dr. Neymar Camposeco Montejo Por darme la oportunidad y confianza para desarrollar esta investigación, por su dedicación a la docencia y al campo mexicano.

A mis docentes, Gracias por haber aportado a mi formación profesional, aportando conocimiento, experiencia y consejos; lo cual me ayudó muchísimo en mi etapa estudiantil y estoy seguro me será de gran ayuda en mi vida profesional.

A mis amigos, Jesús Daniel Morales Menchaca, José Eduardo Cortéz Torres, Oswaldo Fuentes Monterrosas, Johan Yeniel Vergara Alvarado, Francisco Israel Alvarado Rocha, Zariel Bracamontes Saldaña, Edwin Ismael Hernández Sánchez, Víctor Oziel Villanueva Blanco, Leonardo David Sánchez Rodríguez por estar presentes durante estos años de mi vida, por su apoyo, compañía en esta etapa y por siempre creer en mis capacidades.

A mi pareja, Karen Judit Hernández Venegas, por ser mi gran apoyo durante esta última etapa de mis estudios, por siempre apoyarme y creer en mí.

¡Gracias por ser parte de mi vida!

DEDICATORIA

A mis padres. La Sra. Araceli Romero Ramírez, el Ing. Jorge Muñoz Renteria.

Por darme la vida, y siempre demostrarme su apoyo en todo lo que me propongo, gracias a sus regaños, consejos y por guiarme por el camino para ser el hombre que soy hoy, sin ustedes nada de esto sería posible, los amo.

A mis hermanas. La Lic. Ximena Jahzeel y Hannia Lisseth Muñoz Romero, por ser mis compañeras de vida, estar ahí en los mejores y peores momentos de mi vida, por todas las risas y enojos, las amo hermanitas.

A mis abuelos maternos. La Sra. Paula Ramírez Dominguez y el Sr. Froilan Romero Briseño. En primer lugar, por darme una madre maravillosa, y por siempre estar al pendiente de mí, por sus consejos y sus buenos deseos.

A mis abuelos paternos. La Sra. Alicia Renteria Gonzales y el Sr. Adan Muñoz Serna, primeramente, por la vida de mi padre, por su cariño, su apoyo, por los valores que me han transmitido a lo largo de los años, son un gran ejemplo de vida.

A Muñoz Renteria Hermanos SPR de RL de CV. Por ser mis raíces en el campo, por inculcarme desde pequeño el valor y lo importante de la producción agrícola.

A mi mejor amigo. El Ing. Elías Ramírez Núñez, por siempre estar y ser el hermano que me dio la vida.

¡Este logro no es solo mío, también es suyo!

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
INDICE DE CONTENIDO	vi
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE CUADROS.....	x
INDICE DE ILUSTRACIONES	x
RESUMEN	xi
1 INTRODUCCIÓN	xi
2 OBJETIVOS	xiv
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	xiv
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	xiv
2.2.1 Evaluar características morfológicas, rendimiento y calidad del fruto, de 16 materiales genéticos de pimiento morrón bajo condiciones de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas.	xiv
2.2.2 Identificar los materiales genéticos con mejor desempeño agronómico y mayor potencial productivo bajo las condiciones de manejo utilizadas en la región Centro-Norte de Zacatecas.	xiv
2.2.3 Generar información técnica que contribuya a la selección de materiales de pimiento morrón adaptados a sistemas de agricultura protegida en la región Centro- Norte del estado de Zacatecas.....	xiv
3 HIPOTESIS	xiv
3.1 HIPOTESIS NULA	xiv
3.2 HIPOTESIS ALTERNATIVA.....	xiv
4 Revision de literatura	xv
4.1 Origen y distribución del pimiento morrón	xv
4.2 Descripción botánica y clasificación taxonómica.....	xvi
4.3 Morfología del pimiento morrón	xvii
4.3.1 Raíz.....	xvii

4.3.2	Tallo	xvii
4.3.3	Hoja.....	xvii
4.3.4	Flor.....	xviii
4.3.5	Fruto.....	xviii
4.4	Importancia del pimiento morrón a nivel mundial	xviii
4.5	Importancia del pimiento morrón en México	xix
4.6	Importancia del cultivo en Zacatecas.....	xix
4.7	Valor nutricional del pimiento morrón.....	xx
4.8	Requerimientos del cultivo	xxi
4.8.1	Requerimientos climáticos.....	xxi
4.8.2	Requerimientos edáficos	xxii
4.8.3	Demanda hídrica	xxii
4.9	Nutrición y fertirrigación del cultivo	xxiii
4.9.1	Macronutrientes	xxiii
4.9.2	Micronutrientes	xxiv
4.10	Pimiento morrón bajo condiciones de agricultura protegida	xxiv
4.11	Evaluación agronómica de genotipos de <i>Capsicum annuum</i> L.	xxv
4.12	Mejoramiento genético del pimiento morrón	xxvi
4.13	Tipos de pimiento morrón en México.....	xxvii
4.14	Plagas y enfermedades del cultivo.....	xxviii
5	MATERIALES Y MÉTODOS	xxx
5.1	Ubicación y localización.....	xxx
5.2	Características climáticas del sitio de investigación	xxx
5.3	Sustrato	xxx
5.4	Propiedades físicas y químicas del sustrato	xxxi
5.5	ANÁLISIS FITOPATOLOGICO DEL SUSTRATO.....	xxxii
5.6	Material genético	xxxii
5.7	Descripción de la parcela experimental	xxxiii
5.8	Labores culturales y manejo del cultivo	xxxiv
5.8.1	Siembra	xxxiv

5.8.2	Trasplante.....	xxxv
5.8.3	Riego:.....	xxxv
5.8.4	Poda	xxxv
5.8.5	Tutorado:.....	xxxvi
5.8.6	Cosecha.....	xxxvi
5.8.7	Fechas de cortes	xxxvii
5.9	Variables agronómicas evaluadas.....	xxxvii
5.9.1	Rendimiento (Kg planta ⁻¹)	xxxvii
5.9.2	Número de frutos por planta	xxxvii
5.9.3	Peso promedio de fruto (gr)	xxxviii
5.9.4	Rendimiento calculado (Ton ha ⁻¹).....	xxxviii
5.9.5	Número de lóculos por fruto	xxxviii
5.9.6	Longitud de fruto (mm)	xxxviii
5.9.7	Diámetro de fruto (mm).....	xxxviii
5.10	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ESTADISTICO	xxxix
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	xl
6.1	Rendimiento (kg planta ⁻¹)	xl
6.2	Número de frutos por planta	xli
6.3	Peso promedio de fruto	xlii
6.4	Rendimiento calculado en (Ton ha ⁻¹)	xliii
6.5	Número de lóculos por fruto	xliv
6.6	Longitud de fruto	xlvi
6.7	Diámetro de fruto.....	xlvi
7	CONCLUSION.....	xlvii
8	BIBLIOGRAFIA	xlviii

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del rendimiento en kilogramos por planta de 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes..... xl
- Figura 2. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del número de frutos por planta en 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.....xli
- Figura 3. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del peso promedio de fruto en 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.....xlii
- Figura 4. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del rendimiento en Ton-1/Ha en 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.....xliii
- Figura 5. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del número de lóculos por fruto en 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.....xliv
- Figura 6. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la longitud de fruto en 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.....xlv
- Figura 7. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del diámetro de fruto en 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.....xlvi

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Análisis físicoquímico de suelo del suelo utilizado en el experimento	xxxi
Cuadro 2 Análisis fitopatológico de sustrato utilizado en el experimento	xxxii
Cuadro 3. Identificación de materiales utilizados para la prueba en Zacatecas.....	xxxiii
Cuadro 4. Fechas de cosechas realizadas y días transcurridos posteriores al trasplante .	xxxvii

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diseño de la bolsa empleada como contenedor para soporte radicular	xxxiv
Ilustración 2. Siembra de 2 materiales por charola.....	xxxiv
Ilustración 3. plántula de pimiento morrón trasplantadas en bolsas agrícolas a una distancia de 30cm entre plantas y 1.95 entre surcos	xxxv
Ilustración 4. Cosecha y medición de las variables cuantificadas	xxxvi

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el comportamiento agronómico de dieciséis materiales genéticos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas, con la finalidad de identificar materiales con potencial productivo para su posible uso en programas de selección y sistemas de producción. La investigación se llevó a cabo en el área de agricultura protegida del rancho agrícola “San Cristóbal”, ubicado en el municipio de Villa de Cos, Zacatecas, a 4.5 km de la comunidad de Chaparrosa. El experimento se estableció en un invernadero tipo gótico de baja tecnología, utilizando dieciséis híbridos experimentales pertenecientes al Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con dieciséis tratamientos y cinco repeticiones por material genético. Las plantas fueron establecidas en bolsas de polietileno con sustrato a base de jal, composta y tierra de monte, bajo un sistema de riego por goteo y fertirrigación automatizada. Las variables evaluadas fueron: rendimiento por planta, número de frutos por planta, peso promedio de fruto, rendimiento en toneladas por hectárea, número de lóculos, longitud y diámetro de fruto. Para el análisis estadístico se realizó un ANVA al $p \leq 0.05$ mediante el software INFOSTAT Ver. 2019, y la comparación de medias se efectuó con la prueba de Tukey al $p \leq 0.05$. Los resultados mostraron diferencias estadísticas en rendimiento por planta, número de frutos por planta, peso promedio de fruto y rendimiento por hectárea. El material genético 012 presentó el mejor comportamiento productivo, con $3.5 \text{ kg planta}^{-1}$, 24.6 frutos por planta y 115.33 t ha^{-1} . Por su parte, el material 16 destacó por presentar el mayor peso promedio de fruto, con 219 g. En número de lóculos, longitud y diámetro de fruto no se observaron diferencias estadísticas significativas. Por lo que el comportamiento agronómico de los materiales fue variable bajo las condiciones probadas, destacando principalmente el material 012 por su potencial productivo, lo que da posibilidad de continuar su evaluación en futuros ciclos y determinar su estabilidad y posible uso en el desarrollo de nuevas variedades o híbridos.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, rendimiento, genotipos, invernadero, mejoramiento genético.

1 INTRODUCCIÓN

El pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza de importancia alimenticia, comercial y productiva. Su fruto se caracteriza por ser carnoso, de paredes gruesas, sin picor y con diferentes colores, formas y tamaños, lo que lo hace atractivo para el mercado. Además, es un alimento con buen valor nutricional, ya que contiene vitaminas, minerales, carotenoides y compuestos antioxidantes que aportan beneficios a la alimentación humana (Martínez et al., 2020). El género *Capsicum* tiene su origen en América, y México es considerado uno de los centros importantes de diversidad y domesticación de chiles y pimientos, lo que ha permitido contar con una gran variedad de materiales adaptados a diferentes condiciones de producción (Morales-Manzo, 2023).

A nivel mundial, el pimiento morrón es una hortaliza importante por su consumo en fresco, su uso en la industria alimentaria y su participación en mercados de exportación. Su importancia se debe a la demanda constante de frutos de buena calidad, uniformes y con características que respondan a las necesidades del consumidor (Morales-Manzo, 2023). En México, los chiles y pimientos representan un grupo agrícola de alto valor económico, tanto para el mercado nacional como para el internacional, por lo que se consideran cultivos con buen potencial productivo y comercial (SAGARPA, 2017). En el caso del pimiento morrón, la producción bajo agricultura protegida ha tomado mayor importancia, ya que permite mejorar el rendimiento, la calidad del fruto y la estabilidad de la producción durante el ciclo del cultivo (SADER, 2023).

En Zacatecas, este cultivo se ha integrado poco a poco a los sistemas hortícolas tecnificados, donde representa una alternativa productiva rentable por su demanda, valor comercial y posibilidad de adaptación bajo condiciones de invernadero (SIAP, 2024). A pesar de su importancia, la producción de pimiento morrón presenta algunos problemas, principalmente relacionados con la selección del material genético, el manejo del cultivo y las condiciones propias de cada región. No todos los materiales se comportan igual bajo invernadero, ya que pueden existir diferencias en rendimiento, número de frutos, peso promedio, longitud, diámetro y número de lóculos, dependiendo del potencial genético y de su respuesta al manejo agronómico (Silvestre-Castañeda, 2022). También influyen factores como la

temperatura, humedad relativa, nutrición, riego, sanidad del sustrato y presencia de enfermedades, los cuales pueden afectar el desarrollo de la planta y la calidad del fruto (Godínez-Paoli, 2020).

Una alternativa para atender estas problemáticas es realizar evaluaciones agronómicas de los nuevos materiales genéticos bajo las condiciones reales donde se pretende producir. La agricultura protegida ayuda a tener un mejor control del ambiente, mejorar el uso del agua y fertilizantes, reducir algunos riesgos climáticos y obtener frutos más uniformes (SADER, 2023). La variabilidad genética del género *Capsicum* permite seleccionar materiales con mayor rendimiento, mejor calidad de fruto y mejor adaptación a condiciones de invernadero (Morales-Manzo, 2023). Por lo anterior se plantearon los siguientes objetivos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento agronómico de dieciséis materiales genéticos de pimiento morrón bajo condiciones de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1 Evaluar características morfológicas, rendimiento y calidad del fruto, de 16 materiales genéticos de pimiento morrón bajo condiciones de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas.
- 2.2.2 Identificar los materiales genéticos con mejor desempeño agronómico y mayor potencial productivo bajo las condiciones de manejo utilizadas en la región Centro-Norte de Zacatecas.
- 2.2.3 Generar información técnica que contribuya a la selección de materiales de pimiento morrón adaptados a sistemas de agricultura protegida en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas.

3 HIPOTESIS

3.1 HIPOTESIS NULA

La variabilidad genética de los materiales evaluados mostrará que no existen diferencias significativas en el rendimiento, características morfológicas y calidad de fruto de pimiento morrón bajo condiciones de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas.

3.2 HIPOTESIS ALTERNATIVA

La variabilidad genética de los materiales evaluados muestra la existencia de diferencias significativas en el rendimiento, características morfológicas y calidad de fruto de pimiento morrón bajo condiciones de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas.

4 REVISION DE LITERATURA

4.1 Origen y distribución del pimiento morrón

El género *Capsicum* tiene su origen en el continente americano, con un centro de diversificación en Sudamérica, particularmente en Bolivia y Perú. A partir de donde, las especies se distribuyeron hacia Centroamérica y México, donde se llevaron a cabo importantes procesos de domesticación que dieron origen a una amplia diversidad de tipos y formas cultivadas (Morales-Manzo, 2023). México es reconocido como uno de los principales centros de diversidad genética del género *Capsicum*, lo cual se debe a la gran variabilidad de materiales presentes y al papel histórico que ha tenido en su domesticación y evolución. Esta diversidad ha permitido el desarrollo de diferentes tipos de chiles y pimientos adaptados a diversas condiciones ambientales y sistemas de producción (SAGARPA, 2017).

Dentro de esta variabilidad, el pimiento morrón representa una forma domesticada caracterizada por frutos grandes, carnosos y sin pungencia, resultado de procesos de selección enfocados en características comerciales como tamaño, firmeza y calidad del fruto. (SADER, 2022). Tras el intercambio colombino, el cultivo del pimiento se difundió hacia Europa, Asia y África, donde se adaptó rápidamente a las condiciones locales y a los sistemas alimentarios de cada región. En la actualidad, el cultivo de pimiento se encuentra ampliamente distribuido en regiones tropicales y templadas del mundo, posicionándose como una de las hortalizas de mayor importancia económica (Morales-Manzo, 2023).

En México, el cultivo de pimiento ha crecido significativamente en las últimas décadas, especialmente bajo sistemas de agricultura protegida, lo que ha permitido incrementar los rendimientos, mejorar la calidad del producto y fortalecer su competitividad en mercados internacionales. Su producción se distribuye en diversas regiones del país, adaptándose a diferentes condiciones agroclimáticas (SIAP, 2024).

4.2 Descripción botánica y clasificación taxonómica

El pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) pertenece a la familia Solanaceae, la cual incluye especies de gran importancia agrícola como el tomate (*Solanum lycopersicum*) y la berenjena (*Solanum melongena*). Las especies de esta familia se caracterizan por presentar flores hermafroditas y frutos tipo baya, características que coinciden con la morfología del pimiento (INIFAP, 2018).

Botánicamente, el pimiento es una planta herbácea perenne que en sistemas agrícolas se cultiva como anual. En condiciones de agricultura protegida puede presentar crecimiento indeterminado, lo que ayuda a una producción continua de flores y frutos bajo un manejo adecuado de las condiciones ambientales (SADER, 2023). El sistema radicular es de tipo pivotante con abundantes raíces secundarias, lo que favorece la absorción eficiente de agua y nutrientes. El tallo es erecto y presenta una ramificación dicotómica característica, lo cual influye directamente en prácticas agronómicas como la poda y el tutorado (INIFAP, 2018).

Las hojas son simples, alternas y de forma ovalada a lanceolada, con superficie lisa y color verde intenso. Las flores son hermafroditas, generalmente de color blanco, y se desarrollan en las axilas de las hojas. El fruto es una baya carnosa que presenta gran variabilidad en forma, tamaño y color; en el caso del pimiento morrón, se caracteriza por frutos grandes, de paredes gruesas y sin presencia de capsaicina (INIFAP, 2018).

Clasificación

taxonómica:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Capsicum</i>
Especie:	<i>Capsicum annuum</i> L.

4.3 Morfología del pimiento morrón

4.3.1 Raíz

El sistema radicular del pimiento es de tipo pivotante, con una raíz principal bien desarrollada y abundantes raíces secundarias, facilitando una adecuada exploración del suelo o sustrato. Este sistema es primordial para la absorción de agua y nutrimentos, especialmente en sistemas de producción intensiva donde el manejo del riego y la solución nutritiva influyen directamente en su desarrollo (INIFAP, 2018; SADER, 2022). En condiciones de agricultura protegida, el desarrollo radicular se ve favorecido por un adecuado manejo de la humedad y la aireación del sustrato, lo cual mejora la eficiencia en la absorción de nutrimentos y el crecimiento del cultivo (SAGARPA, 2017; Silvestre-Castañeda, 2022).

4.3.2 Tallo

El tallo del pimiento es erecto, de consistencia herbácea en etapas iniciales y con cierto grado de lignificación conforme avanza el ciclo del cultivo. Presenta una ramificación dicotómica característica, donde cada bifurcación da origen a nuevas estructuras productivas. Esta arquitectura es esencial en el manejo agronómico, ya que prácticas como la poda y el tutorado permiten mejorar la distribución de la luz y optimizar la producción (INIFAP, 2018).

4.3.3 Hoja

Las hojas son simples, alternas y de forma ovalada a lanceolada, con margen entero y superficie lisa. Presentan un color verde intenso asociado a una alta concentración de clorofila, lo que favorece la actividad fotosintética. El desarrollo del área foliar es determinante en la productividad, ya que influye en la captación de radiación solar y en la producción de fotoasimilados (SADER, 2023).

4.3.4 Flor

Las flores son hermafroditas, generalmente de color blanco, y se desarrollan en las axilas de las hojas. La polinización es predominantemente autógama, aunque puede presentarse cierto grado de polinización cruzada. En sistemas protegidos, la floración puede mantenerse de forma continua bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y nutrición (INIFAP, 2018).

4.3.5 Fruto

El fruto del pimiento es una baya carnosa con variaciones en forma, tamaño y color dependiendo del genotipo y del estado de madurez. En el pimiento morrón, se caracteriza por frutos grandes, con paredes gruesas, alta firmeza y ausencia de picor, lo que le confiere un alto valor comercial.

Características como el número de lóculos, el grosor del pericarpio y la firmeza son relevantes en la evaluación de la calidad del fruto, las cuales están determinadas por el genotipo y el manejo agronómico (Silvestre-Castañeda, 2022).

4.4 Importancia del pimiento morrón a nivel mundial

El pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas de mayor relevancia a nivel mundial debido a su amplio consumo en fresco y procesado, así como a su valor económico en los mercados internacionales. Su producción se distribuye en regiones tropicales y templadas, tanto en campo abierto como en sistemas de agricultura protegida (SADER, 2023). A nivel global, la producción de chiles y pimientos (*Capsicum spp.*) ha mostrado un crecimiento sostenido en las últimas décadas. De acuerdo con FAOSTAT, la producción mundial superó los 36 millones de toneladas en 2021, lo que refleja la importancia de este cultivo dentro de los sistemas hortícolas a nivel internacional (FAO, 2023).

Este crecimiento ha sido impulsado por la creciente demanda de alimentos frescos y de alta calidad, así como por la adopción de tecnologías de producción intensiva. Países como China, México, Turquía, Indonesia y España destacan entre los principales productores a nivel mundial, concentrando una proporción significativa de la producción global (FAO, 2023; Morales-Manzo, 2023). El comercio internacional del pimiento morrón ha adquirido gran importancia, particularmente en mercados como Estados Unidos y la Unión Europea, donde existe una alta demanda de productos con estándares de calidad elevados. En este contexto, la agricultura protegida ha permitido mejorar la calidad, inocuidad y disponibilidad del producto durante todo el año (SADER, 2022).

4.5 Importancia del pimiento morrón en México

El pimiento morrón es uno de los cultivos hortícolas de mayor relevancia en México debido a su valor económico y su participación en mercados de exportación. Su producción ha incrementado en las últimas décadas gracias a la adopción de tecnologías de agricultura protegida (SADER, 2023). De acuerdo con el SIAP (2024), la producción nacional se concentra en estados como Sinaloa, Baja California, Jalisco, Guanajuato y Zacatecas, donde las condiciones agroclimáticas favorecen su desarrollo.

México se posiciona como uno de los principales exportadores de pimiento fresco, principalmente hacia Estados Unidos, lo que genera importantes ingresos económicos y contribuye al desarrollo del sector agrícola (SADER, 2022). El uso de sistemas tecnificados ha sido clave para incrementar la productividad, permitiendo un mejor control de factores ambientales como temperatura, humedad y nutrición, lo que se traduce en una producción más estable y de mayor calidad (SAGARPA, 2017).

4.6 Importancia del cultivo en Zacatecas

El cultivo de pimiento morrón ha cobrado relevancia en el estado de Zacatecas como parte de un proceso de rotación de cultivos orientado hacia cultivos hortícolas de mayor importancia económica. Tradicionalmente, la agricultura en la entidad se ha basado en cultivos extensivos; sin embargo, en los últimos años se ha incrementado la adopción de sistemas tecnificados, particularmente la agricultura protegida, lo que ha permitido la

incorporación de cultivos como el pimiento morrón (SADER, 2023). De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Zacatecas forma parte de las entidades que han incrementado su participación en la producción de hortalizas, favorecido por condiciones agroclimáticas específicas y por la disponibilidad de infraestructura para riego tecnificado. Lo que ha permitido mejorar la eficiencia en el uso de recursos como el agua y los fertilizantes, así como aumentar los rendimientos comparados con sistemas tradicionales (SIAP, 2024).

Las condiciones climáticas del estado, caracterizadas por una alta radiación solar, baja humedad relativa y variaciones térmicas marcadas entre día y noche, representan tanto un reto como una oportunidad para la producción hortícola. Bajo sistemas de agricultura protegida, estas condiciones pueden ser aprovechadas para favorecer el desarrollo del cultivo, mejorar la calidad del fruto y optimizar los ciclos de producción (SADER, 2023). Además, el cultivo de pimiento morrón en Zacatecas se ha consolidado como una alternativa rentable para los productores, debido a su alta demanda en mercados nacionales e internacionales. Su producción bajo esquemas tecnificados permite obtener frutos de calidad, lo cual es un requisito indispensable para su comercialización, especialmente en mercados de exportación (SADER, 2022).

En este contexto, el pimiento morrón se posiciona como un cultivo estratégico dentro del sector agrícola del estado, ya que contribuye a la generación de empleo, al incremento del valor de la producción agrícola y al fortalecimiento de las cadenas de comercialización hortícola en la región. Su desarrollo está estrechamente vinculado al uso eficiente de tecnologías de producción, logrando una mayor competitividad frente a otras regiones productoras (SIAP, 2024; SADER, 2023).

4.7 Valor nutricional del pimiento morrón

El pimiento morrón es ampliamente reconocido por su alto valor nutricional, lo que ha favorecido su consumo en la alimentación humana. Este cultivo destaca por su contenido de vitaminas, minerales y compuestos bioactivos, los cuales desempeñan un papel importante en la salud (Morales-Manzo, 2023). Uno de los componentes más relevantes es su elevado contenido de vitamina C (ácido ascórbico), el cual puede superar al de algunos frutos cítricos. Esta vitamina actúa como antioxidante, contribuyendo a la protección contra el daño

oxidativo y al fortalecimiento del sistema inmunológico (Martínez et al., 2020). Además, el pimiento es una fuente importante de carotenoides, especialmente en frutos de color rojo y amarillo, donde se encuentran compuestos como capsaicina y betacaroteno. Estos compuestos son responsables de la coloración del fruto y presentan propiedades antioxidantes que contribuyen a la prevención de enfermedades (Morales-Manzo, 2023).

En cuanto a su contenido mineral, el pimiento aporta elementos esenciales como potasio, magnesio y fósforo, los cuales participan en funciones fisiológicas importantes en el organismo. Asimismo, contiene vitaminas del complejo B que intervienen en procesos metabólicos esenciales (INIFAP, 2018). Otro aspecto relevante es su bajo contenido calórico y alto contenido de agua, lo que lo convierte en un alimento adecuado para dietas balanceadas. Su versatilidad en el consumo, tanto en fresco como en productos procesados, ha favorecido su inclusión en diferentes sistemas alimentarios (Godínez-Paoli, 2020). Conjuntamente, estas características posicionan al pimiento morrón como un alimento funcional dentro de la dieta humana, cuyo consumo contribuye al mantenimiento de la salud y a la prevención de enfermedades (Morales-Manzo, 2023).

4.8 Requerimientos del cultivo

El cultivo de pimiento morrón requiere condiciones específicas de manejo para lograr un adecuado desarrollo vegetativo y reproductivo, así como altos rendimientos y calidad del fruto. Factores como temperatura, humedad, suelo, disponibilidad de agua y nutrición influyen directamente en el crecimiento de la planta, por lo que su manejo debe ser preciso, especialmente en sistemas de producción intensiva (INIFAP, 2018).

4.8.1 Requerimientos climáticos

El pimiento morrón es un cultivo de clima cálido que se desarrolla de manera óptima en un rango de temperatura entre 18 y 30 °C. Temperaturas inferiores a 15 °C pueden afectar el crecimiento y retrasar la floración, mientras que temperaturas superiores a 35 °C pueden provocar aborto floral y disminuir el cuajado de frutos, lo que impacta directamente en el rendimiento (INIFAP, 2018). La humedad relativa también juega un papel importante en el

desarrollo del cultivo, ya que niveles elevados favorecen la incidencia de enfermedades, mientras que condiciones de baja humedad pueden afectar la transpiración y el balance hídrico de la planta. En sistemas de agricultura protegida, el control de estos factores permite optimizar el crecimiento y la producción (SADER, 2023).

4.8.2 Requerimientos edáficos

El pimiento morrón se desarrolla mejor en suelos de textura franca, bien drenados y con buena capacidad de retención de humedad, lo que favorece el desarrollo radicular y la absorción de nutrimentos. Asimismo, prefiere suelos con pH ligeramente ácido a neutro (6.0–7.0), ya que valores fuera de este rango pueden limitar la disponibilidad de elementos esenciales (INIFAP, 2018). En sistemas de agricultura protegida, el uso de sustratos inertes como fibra de coco o materiales minerales permite un mayor control de las condiciones físicas y químicas del medio de crecimiento, favoreciendo la eficiencia en la absorción de agua y nutrimentos y mejorando el desarrollo del cultivo (Silvestre-Castañeda, 2022).

4.8.3 Demanda hídrica

El pimiento morrón es un cultivo sensible al déficit hídrico, por lo que requiere un suministro constante de agua durante todo su ciclo de desarrollo. La demanda hídrica varía según la etapa fenológica, siendo mayor durante la floración y el llenado de frutos, donde un manejo inadecuado puede afectar el rendimiento y la calidad del producto (INIFAP, 2018). El uso de sistemas de riego tecnificado, como el riego por goteo, permite mejorar la eficiencia en el uso del agua, reducir pérdidas y mantener condiciones óptimas de humedad en la zona radicular. En sistemas protegidos, el manejo del riego se integra con la fertirrigación, lo que mejora un suministro preciso de agua y nutrimentos (SADER, 2022).

4.9 Nutrición y fertirrigación del cultivo

La nutrición del pimiento morrón es un factor determinante en el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto, ya que influye directamente en procesos fisiológicos como la fotosíntesis, la floración y el desarrollo de los frutos. Un manejo adecuado de la nutrición permite maximizar la eficiencia productiva del cultivo, especialmente en sistemas intensivos donde la disponibilidad de nutrimentos es controlada (INIFAP, 2018).

En sistemas de producción bajo invernadero, la nutrición del cultivo se maneja de manera más precisa mediante fertirrigación, facilitando ajustar el suministro de nutrimentos de acuerdo con la etapa fenológica y las condiciones del cultivo. Este manejo ha demostrado mejorar el rendimiento y la calidad del fruto en pimiento morrón bajo condiciones protegidas (Silvestre-Castañeda, 2022).

4.9.1 Macronutrientes

Los macronutrientes son elementos esenciales que el cultivo requiere en mayores cantidades, entre los que destacan nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), además de calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). Estos nutrimentos son esenciales para el desarrollo estructural y fisiológico de la planta (INIFAP, 2018).

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes, ya que está directamente relacionado con el crecimiento vegetativo y la formación de hojas, influyendo en la capacidad fotosintética de la planta. Sin embargo, un exceso puede provocar un desbalance entre crecimiento vegetativo y reproductivo, afectando la producción de frutos (INIFAP, 2018). El fósforo desempeña un papel clave en el desarrollo radicular y en los procesos de floración y fructificación, favoreciendo un mejor establecimiento del cultivo y una adecuada formación de frutos (INIFAP, 2018). El potasio está estrechamente relacionado con la calidad del fruto, ya que influye en características como tamaño, firmeza y color, además de participar en la regulación osmótica y la tolerancia a condiciones de estrés (Morales-Manzo, 2023). El calcio es básico para la estabilidad de las paredes celulares, por lo que su deficiencia puede generar problemas fisiológicos en el fruto. Por su parte, el magnesio forma parte de la molécula de clorofila y el azufre participa en la síntesis de proteínas, siendo ambos esenciales para el desarrollo adecuado del cultivo (SADER, 2023).

4.9.2 Micronutrientes

Los micronutrientes son elementos requeridos en menores cantidades, pero indispensables para el funcionamiento metabólico de la planta. Entre los más importantes se encuentran hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), boro (B) y cobre (Cu), los cuales participan en procesos enzimáticos y fisiológicos clave (INIFAP, 2018). El hierro es esencial para la síntesis de clorofila, mientras que el zinc participa en la regulación del crecimiento y la síntesis de hormonas. El manganeso interviene en la fotosíntesis y el boro es importante para la formación de flores y el desarrollo de frutos, influyendo directamente en el rendimiento del cultivo (INIFAP, 2018). En sistemas de producción intensiva, el manejo adecuado de los micronutrientes es esencial, ya que deficiencias o desbalances pueden afectar la calidad del fruto y la productividad del cultivo. En este sentido, el manejo nutrimental debe ajustarse a las condiciones específicas del sistema de producción y al genotipo utilizado (Silvestre-Castañeda, 2022).

4.10 Pimiento morrón bajo condiciones de agricultura protegida

La producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de agricultura protegida ha permitido mejorar significativamente la eficiencia productiva del cultivo, mediante el control de factores ambientales como temperatura, humedad relativa, radiación y nutrición. Estos sistemas permiten reducir la variabilidad climática y optimizar las condiciones de crecimiento, favoreciendo un desarrollo más uniforme del cultivo (SADER, 2023). En sistemas de invernadero, el control del microclima es importante para el adecuado desarrollo del pimiento, ya que permite mantener condiciones óptimas para la fotosíntesis, la floración y el cuajado de frutos. La regulación de variables como temperatura y humedad contribuye a mejorar el rendimiento y la calidad del producto, reduciendo además la incidencia de factores de estrés (INIFAP, 2018).

Uno de los principales beneficios de la agricultura protegida es la posibilidad de realizar un manejo más preciso del riego y la nutrición mediante sistemas de fertirrigación, ayudando a suministrar agua y nutrimentos de forma controlada según las necesidades del cultivo. Este tipo de manejo ha demostrado incrementar la eficiencia en el uso de recursos y mejorar la

productividad en pimiento morrón (Silvestre-Castañeda, 2022). Asimismo, la producción bajo invernadero permite obtener frutos de mayor calidad comercial, con características más uniformes en tamaño, color y firmeza, lo cual es mejor para su comercialización en mercados nacionales e internacionales. Estas condiciones favorecen la competitividad del cultivo y su posicionamiento en cadenas de valor hortícolas (Morales-Manzo, 2023). Además, la agricultura protegida contribuye a reducir la incidencia de plagas y enfermedades al limitar la exposición del cultivo a condiciones externas, ayudando con un manejo fitosanitario más eficiente. Esto se traduce en una reducción en el uso de agroquímicos y en una producción más sostenible (INIFAP, 2018). El uso de sistemas de agricultura protegida en el cultivo de pimiento morrón representa una estrategia clave para incrementar la productividad, mejorar la calidad del fruto y optimizar el uso de recursos, consolidándose como una alternativa eficiente y sostenible dentro del sector hortícola (SADER, 2023).

4.11 Evaluación agronómica de genotipos de *Capsicum annuum* L.

La evaluación agronómica de genotipos es para identificar materiales con alto potencial productivo y adaptados a condiciones específicas de cultivo, particularmente en sistemas de agricultura protegida. Este tipo de evaluación permite analizar el comportamiento de distintos materiales bajo condiciones controladas, facilitando la selección de aquellos con mejores características productivas y comerciales (Silvestre-Castañeda, 2022). Entre las principales variables utilizadas en la evaluación agronómica del pimiento morrón se encuentran el rendimiento por planta, el número de frutos, el peso promedio de fruto y características de calidad como longitud, diámetro y número de lóculos. Estas variables permiten determinar el desempeño de los genotipos y su potencial para ser utilizados en sistemas comerciales de producción (Silvestre-Castañeda, 2022).

El rendimiento del cultivo es una de las variables más importantes, ya que integra el efecto de diferentes factores agronómicos y ambientales sobre la producción. Este parámetro está influenciado tanto por el potencial genético del material como por las condiciones de manejo, incluyendo la nutrición, el riego y el control ambiental (INIFAP, 2018). El número de frutos por planta y el peso individual de los frutos son componentes del rendimiento, los cuales pueden variar entre genotipos debido a diferencias en su capacidad de floración, cuajado y

desarrollo de frutos. Estas variables son clave para la selección de materiales con mayor eficiencia productiva (Silvestre-Castañeda, 2022).

Asimismo, las características de calidad del fruto, como firmeza, grosor del pericarpio y uniformidad, son determinantes para la aceptación comercial del producto. Estas características están directamente relacionadas con el genotipo y su interacción con el ambiente de producción, lo que resalta la importancia de evaluaciones agronómicas en condiciones específicas (Morales-Manzo, 2023). Para la comparación de genotipos, es común el uso de análisis estadísticos que permiten identificar diferencias significativas entre materiales, como pruebas de comparación de medias. Estas herramientas facilitan la interpretación de resultados y la toma de decisiones en la selección de genotipos superiores (Silvestre-Castañeda, 2022). La evaluación agronómica de genotipos constituye una herramienta clave para el desarrollo y selección de materiales de pimiento morrón con alto rendimiento, calidad y adaptación a sistemas de producción intensiva, contribuyendo al mejoramiento del cultivo y a la competitividad del sector hortícola (Morales-Manzo, 2023).

4.12 Mejoramiento genético del pimiento morrón

El mejoramiento genético del pimiento morrón tiene como objetivo el desarrollo de materiales con mayor rendimiento, mejor calidad de fruto y mayor adaptación a diferentes condiciones de cultivo. Este proceso se basa en la selección y combinación de características genéticas deseables, útil para obtener variedades con alto valor agronómico y comercial (Morales-Manzo, 2023).

Dentro del género *Capsicum*, existe una amplia diversidad genética que ha sido aprovechada en programas de mejoramiento para desarrollar materiales con características específicas, como tamaño de fruto, color, firmeza y ausencia de pungencia. Esta variabilidad genética constituye la base para la obtención de nuevas variedades adaptadas a diferentes sistemas de producción (Morales-Manzo, 2023). Uno de los principales enfoques del mejoramiento genético en pimiento morrón es la obtención de materiales con mayor rendimiento y calidad del fruto, lo cual incluye características como uniformidad, grosor del pericarpio y resistencia al manejo postcosecha. Estas características son básicas para su comercialización, especialmente en mercados de exportación (INIFAP, 2018).

Además, el mejoramiento genético también se orienta hacia el desarrollo de variedades con resistencia a factores de estrés biótico y abiótico, incluyendo enfermedades, plagas y condiciones ambientales adversas. Este enfoque permite mejorar la estabilidad productiva del cultivo y reducir la dependencia de insumos externos (Morales-Manzo, 2023). En sistemas de agricultura protegida, el mejoramiento genético cobra mayor relevancia, ya que las variedades deben adaptarse a condiciones específicas de manejo intensivo, como altas densidades de plantación, poda y fertirrigación. La selección de genotipos adecuados para estos sistemas permite maximizar la eficiencia productiva y la calidad del fruto (SADER, 2023). A su vez, el mejoramiento genético del pimiento morrón representa una herramienta de gran importancia para incrementar la productividad, mejorar la calidad del producto y asegurar la adaptación del cultivo a diferentes condiciones de producción, contribuyendo al desarrollo del sector hortícola (Morales-Manzo, 2023).

4.13 Tipos de pimiento morrón en México

En México, el pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) se clasifica principalmente en función de características comerciales como color, forma y destino de mercado. Estos criterios permiten diferenciar los tipos de pimiento que se producen y comercializan, los cuales responden a las exigencias de los consumidores y a las condiciones de producción establecidos por la FF-025-SCFI-2014.

Uno de los principales criterios de clasificación es el color del fruto, donde destacan los pimientos verdes, rojos, amarillos y naranjas. El pimiento verde corresponde a frutos inmaduros, mientras que los colores rojo, amarillo y naranja representan diferentes estados de madurez fisiológica, asociados con cambios en el contenido de azúcares y compuestos bioactivos (Martínez et al., 2020). En cuanto a la forma, el pimiento morrón se caracteriza por frutos de tipo “blocky” o cuadrado, con paredes gruesas y generalmente de tres a cuatro lóculos, lo cual lo diferencia de otros tipos de chile dentro de la misma especie. Estas características lo hacen altamente valorado en el mercado debido a su firmeza, apariencia y calidad comercial (INIFAP, 2018).

En los sistemas de producción actuales, especialmente bajo agricultura protegida, se cultivan híbridos comerciales que han sido desarrollados para cumplir con estándares específicos de calidad, rendimiento y adaptación. Estos materiales presentan uniformidad en tamaño, color

y forma, lo que facilita su manejo y comercialización (SADER, 2022). Asimismo, la elección del tipo de pimiento morrón a cultivar depende de factores como el destino del producto (mercado nacional o exportación), las condiciones de producción y las preferencias del consumidor. En este sentido, los pimientos de colores distintos al verde suelen tener mayor valor comercial, especialmente en mercados internacionales (SADER, 2023). La diversidad de tipos de pimiento morrón en México responde tanto a la variabilidad genética de la especie como a las demandas del mercado, lo que ha permitido su posicionamiento como un cultivo de alto valor dentro del sector hortícola (Morales-Manzo, 2023).

4.14 Plagas y enfermedades del cultivo

El cultivo de pimiento morrón es susceptible a diversos problemas fitosanitarios que pueden afectar su desarrollo, rendimiento y calidad del fruto. Entre las principales enfermedades se encuentran aquellas causadas por hongos, bacterias y virus, las cuales pueden presentarse en diferentes etapas del cultivo y bajo distintas condiciones ambientales (INIFAP, 2018). Entre las enfermedades más importantes destacan la marchitez causada por *Phytophthora capsici*, así como las pudriciones radiculares ocasionadas por *Fusarium spp.* y *Rhizoctonia solani*, las cuales afectan principalmente el sistema radicular y el cuello de la planta, provocando marchitez, necrosis y en casos severos la muerte de la planta, especialmente en condiciones de alta humedad y mal drenaje (INIFAP, 2018). También se presentan enfermedades de origen foliar como el oídio (*Leveillula taurica*), que afecta las hojas reduciendo la capacidad fotosintética, así como enfermedades bacterianas como la mancha bacteriana causada por *Xanthomonas spp.*, que provoca lesiones en hojas y frutos, disminuyendo la calidad comercial (Morales-Manzo, 2023). En cuanto a enfermedades virales, destacan aquellas transmitidas por insectos vectores, como el virus del mosaico del pepino (CMV) y el virus del mosaico del tabaco (TMV), los cuales afectan el crecimiento de la planta, provocan deformaciones en hojas y frutos, y reducen significativamente el rendimiento (INIFAP, 2018). La marchitez causada por *Phytophthora capsici* representa una enfermedad importante en pimiento morrón, ya que puede ocasionar pudrición radicular, clorosis, caída de hojas y pérdidas severas en el cultivo (Godínez-Paoli, 2020).

En relación con las plagas, el pimiento morrón es atacado por insectos como la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), los trips (*Frankliniella occidentalis*) y los pulgones (*Aphis spp.*), los cuales

dañan directamente el tejido vegetal y además actúan como vectores de enfermedades virales, incrementando su impacto en el cultivo (Morales-Manzo, 2023). El manejo fitosanitario del cultivo se basa en estrategias de manejo integrado que incluyen prácticas culturales, control biológico, monitoreo constante y uso racional de productos fitosanitarios (INIFAP, 2018). En sistemas de agricultura protegida, el control del ambiente y la exclusión física de plagas contribuyen a disminuir la incidencia de problemas fitosanitarios; sin embargo, es necesario mantener un monitoreo constante para prevenir brotes y asegurar una producción estable y de alta calidad (SADER, 2023).

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación y localización

El trabajo de investigación presentado se llevo a cabo en el estado de Zacatecas, en el área de agricultura protegida del rancho agrícola denominado “San Cristobal”, ubicado en el municipio de Villa de Cos a 4.5 km de la comunidad Chaparrosa. Las coordenadas geográficas 23°02'34.19" Latitud Norte y 102°16'15.54" Latitud Oeste, a una elevación de 2,000 m.s.n.m.

5.2 Características climaticas del sitio de investigación

Durante la investigacion se registraron 291 milímetros al año, con 62 dias de lluvia, con una evapotranspiración acumulada de 1360mm; la temperatura promedio fue de 18.1 °C, siendo -4.5 °C como mínima y 34.8 °C la máxima; la media de humedad relativa fue de 49.2%.

5.3 Sustrato

El sustrato utilizado fue una mezcla realizada ciclos atrás en la agrícola, el cual está conformado por jal, composta y tierra de monte. Se tomó una muestra por túnel del invernadero con una barrena de 30 cm teniendo cuidado de no perforar las bolsas alternando pares del lado derecho e impares del lado izquierdo, se puso a secar por un día y después de ser mezclada homogeneamente, se eligió un kilogramo para realizar análisis fisicoquímico y fitopatógico en el Laboratorio de Fertilab (Fertilidad de Suelos S. de R.L.) con ubicacion en la ciudad de Celaya, Guanajuato (México).

5.4 Propiedades físicas y químicas del sustrato

Cuadro 1. Análisis físicoquímico de suelo del suelo utilizado en el experimento.

Propiedades físicas y químicas	Valor	Unidades
Clase textural	Areno franco	—
Punto de saturación	23.0	%
Capacidad de campo (CC)	12.0	%
Punto de marchitez permanente (PMP)	7.14	%
Conductividad hidráulica	6.70	$\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$
Densidad aparente	1.02	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
pH (1:2 agua)	7.93	—
Carbonatos totales	11.5	%
Conductividad eléctrica	10.9	$\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$
Requerimiento de yeso	15.0	$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$
Materia orgánica	2.56	%
Fósforo (P-Olsen)	76.1	ppm
Potasio (K)	828	ppm
Calcio (Ca)	3286	ppm
Magnesio (Mg)	176	ppm
Sodio (Na)	1623	ppm
Hierro (Fe)	1.60	ppm
Zinc (Zn)	6.24	ppm
Manganeso (Mn)	1.69	ppm
Cobre (Cu)	0.56	ppm
Boro (B)	12.7	ppm
Azufre (S)	604	ppm
Nitrógeno nítrico (N-NO₃)	587	ppm
CIC	27.0	$\text{meq} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$

5.5 Análisis fitopatológico del sustrato

Cuadro 2. Análisis fitopatológico de sustrato utilizado en el experimento.

Grupo	Organismo evaluado (género)	Resultado	Unidad
Bacteria fitopatógena	<i>Pseudomonas</i> sp.	300000 (3x10 ⁵)	UFC g ⁻¹ de suelo
Hongo fitopatógeno	<i>Fusarium</i> sp.	500 (5x10 ²)	UFC g ⁻¹ de suelo
Hongo fitopatógeno	<i>Cladosporium</i> sp.	100 (1x10 ²)	UFC g ⁻¹ de suelo
Nematodo fitopatógeno	<i>Criconemella</i> sp.	5	individuos /100 g de suelo
Hongo saprófito	<i>Aspergillus</i> sp.	100 (1x10 ²)	UFC g ⁻¹ de suelo
Hongo saprófito	<i>Rhizopus</i> sp.	300 (3x10 ²)	UFC g ⁻¹ de suelo
Bacteria benéfica	<i>Bacillus</i> sp.	39000000 (3.9x10 ⁷)	UFC g ⁻¹ de suelo
Hongo benéfico	<i>Trichoderma</i> sp.	300 2	UFC g ⁻¹ de suelo
		(3x10 ²)	

5.6 Material genético

El material genético utilizado pertenece al Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Cada material genético se identificó como:

Cuadro 3. Identificación de materiales utilizados para la prueba en Zacatecas.

Material genético	Clave
Material genético 1	F1-001
Material genético 2	F1-002
Material genético 3	F1-003
Material genético 4	F1-004
Material genético 5	F1-005
Material genético 6	F1-006
Material genético 7	F1-007
Material genético 8	F1-008
Material genético 9	F1-009
Material genético 10	F1-010
Material genético 11	F1-011
Material genético 12	F1-012
Material genético 13	F1-013
Material genético 14	F1-014
Material genético 15	F1-015
Material genético 16	F1-016

Diseño experimental

5.7 Descripción de la parcela experimental

El diseño experimental se llevó a cabo en un invernadero tipo gótico de baja tecnología, con un diseño experimental completamente al azar, con 16 híbridos experimentales y cinco repeticiones cada uno. Cada repetición se colocó en una bolsa de polietileno con una distancia entre plantas de 30cm y entre surcos de 1.8 m en una nave de 17820 bolsas y un tamaño de 1.55 hectáreas, generando una densidad de $\approx 11,496$ plantas por hectárea aproximadamente.

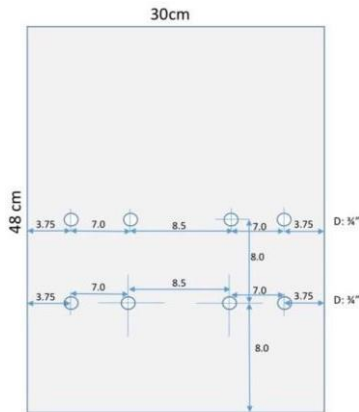


Ilustración 1. Diseño de la bolsa empleada como contenedor para soporte radicular

5.8 Labores culturales y manejo del cultivo

5.8.1 Siembra

La siembra se realizó el 15 de enero de 2025, en charola de polietileno de 512 cavidades y peat moss como sustrato de germinación; se colocaron 200 semillas por genotipo, con 2 materiales por charola para posteriormente ser enviadas al invernadero de plántula de la misma agrícola y esperar su desarrollo óptimo para el trasplante.



Ilustración 2. Siembra de 2 materiales por charola

5.8.2 Trasplante:

El trasplante se realizó el día 11 de marzo de 2025, pasados 55 días de desarrollo en el invernadero de plántula. Cada plántula se trasplantó de forma manual en bolsas de 25 Litros utilizando como sustrato una mezcla de jal, composta y tierra de monte, se colocaron 25 plantas por material.



Ilustración 3. Plántula de pimiento morrón, trasplantadas en bolsas agrícolas a una distancia de 30cm entre plantas y 1.95m entre surcos

5.8.3 Riego:

El sistema de riego establecido fue mediante riego por goteo, a doble cintilla por surco, controlado por un equipo de fertirrigación automatizado NetaJet (Netafim®, Israel), con el cual se regulaba el número de riegos al día, así como su duración de acuerdo con los requerimientos del cultivo.

5.8.4 Poda:

La poda realizada durante el experimento fue a 2 tallos, para aprovechar el espacio y facilitar el tutoreo, al tener una ramificación dicotómica, su poda se realizó eligiendo el tallo lateral con mayor crecimiento y vigor para asegurar el desarrollo óptimo de la planta, respetando flor o fruto de tallo principal y secundario, dejando 2 o 4 hojas de cobertura.

5.8.5 Tutorado:

En base a la poda utilizada y al crecimiento indeterminado de los pimientos, a cada planta se le colocó un anillo de sujeción con 2 rafias color negro, tipo agrícola, la cual se sujetó al tallo basal; se alineó con los cables del tutor para lograr que cada rafia sirviera de guía y soporte para cada tallo de la planta.

5.8.6 Cosecha

Pasados 101 días desde trasplante, se realizó la primera cosecha el día 20 de junio de 2025, la fecha de cosecha se eligió con base en el desarrollo de los frutos en el resto de las naves; basándonos visualmente en la cantidad de frutos listos para el proceso de empaque. A los frutos recogidos de cada genotipo se les colocó una etiqueta especificando el número de planta y el genotipo de procedencia, colocando 2 materiales por reja, para una mejor organización durante la medición.



Ilustración 4. Cosecha y medición de las variables cuantificadas

Se realizaron 17 cosechas durante la evaluación de los genotipos, iniciando el 20 de junio de 2025 a los 101 DDT; concluyendo cosecha con el corte número 17 el día 15 de octubre de 2025 a los 218 DDT; logrando un período de cosecha de 117 días.

5.8.7 Fechas de cortes

Cuadro 4. Fechas de cosechas realizadas y días transcurridos posteriores al trasplante.

Corte	Fecha de corte	Días después de trasplante (DDT)
1	20/06/2025	101
2	24/06/2025	105
3	30/06/2025	111
4	04/07/2025	115
5	10/07/2025	121
6	19/07/2025	130
7	24/07/2025	135
8	31/07/2025	142
9	07/08/2025	149
10	14/08/2025	156
11	20/08/2025	162
12	04/09/2025	177
13	12/09/2025	185
14	18/09/2025	191
15	29/09/2025	202
16	07/10/2025	210
17	15/10/2025	218

5.9 Variables agronómicas evaluadas

5.9.1 Rendimiento (Kg planta⁻¹)

Para determinar esta variable, se pesaron los frutos en una báscula marca Rhino® modelo BAPRE-3, los frutos de cada planta en cada repetición y de cada genotipo la suma del rendimiento de cada planta, en cada una de las cosechas dio como resultado el rendimiento total por planta.

5.9.2 Número de frutos por planta

Se contabilizaron y sumaron los frutos cosechados por planta, en cada una de las cosechas para obtener el acumulado en el total de cosechas.

5.9.3 Peso promedio de fruto (gr)

El peso promedio de frutos resulto de dividir el rendimiento de cada planta entre el número total de frutos cosechados de las mismas.

5.9.4 Rendimiento calculado (Ton ha⁻¹)

El resultado de este valor surgió de la multiplicación de los valores obtenidos de kilogramos por planta, multiplicados por la densidad de plantas calculada (33,300 plantas ha⁻¹).

5.9.5 Número de lóculos por fruto

Se contabilizaron los lóculos de cada fruto cosechado seccionándolo justo por la mitad y conteo visual.

5.9.6 Longitud de fruto (mm)

Para obtener la variable de longitud del fruto, se midió cada fruto cosechado con un vernier análogo marca SCALA® modelo 252.301, desde la base del cáliz hasta el ápice de este.

5.9.7 Diámetro de fruto (mm)

Esta variable se cuantifico con un vernier análogo marca SCALA® modelo 252.301, tomando la medida de cada fruto cosechado en el diámetro ecuatorial del mismo, y de acuerdo con sus respectivas líneas.

5.10 Diseño experimental y estadístico

Los genotipos se evaluaron bajo un diseño y modelo experimental completamente al azar, con dieciséis tratamientos y cinco repeticiones, con la finalidad de detectar diferencias significativas entre genotipos. Los datos se analizaron con el software INFOSTAT Ver. 2019 con análisis de varianza al $p \leq 0.05$ y se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del $p \leq 0.05$ para la comparación de medias, esto se llevó a cabo bajo el modelo estadístico lineal siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable observada del i-esimo repetición del j-esimo tratamiento.

μ = efecto de la media general.

T_i = efecto del j-esimo tratamiento.

ε_{ij} = efecto del error experimental.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Rendimiento (kg planta⁻¹)

El análisis de varianza mostró diferencias entre los materiales genéticos evaluados. El híbrido experimental 12 presentó el mayor rendimiento por planta (3.50 kg planta⁻¹), mientras que el material 13 registró el valor más bajo (1.65 kg planta⁻¹). La prueba de Tukey realizada permitió identificar varios grupos estadísticos, mostrando un comportamiento desuniforme entre los materiales genéticos en cuanto a rendimiento por planta. Las diferencias observadas en rendimiento entre los materiales genéticos evaluados coinciden con lo reportado por Camposeco-Montejo et al. (2018), quienes encontraron variaciones en el rendimiento y número de frutos en genotipos de pimiento morrón cultivados bajo condiciones de invernadero, atribuyendo estas diferencias al vigor genético propio de cada genotipo, así mismo Elizondo-Cabalceta y Monge-Pérez (2017), encontraron que entre rendimiento, peso de fruto y número de frutos había una diferencia entre los materiales genéticos.

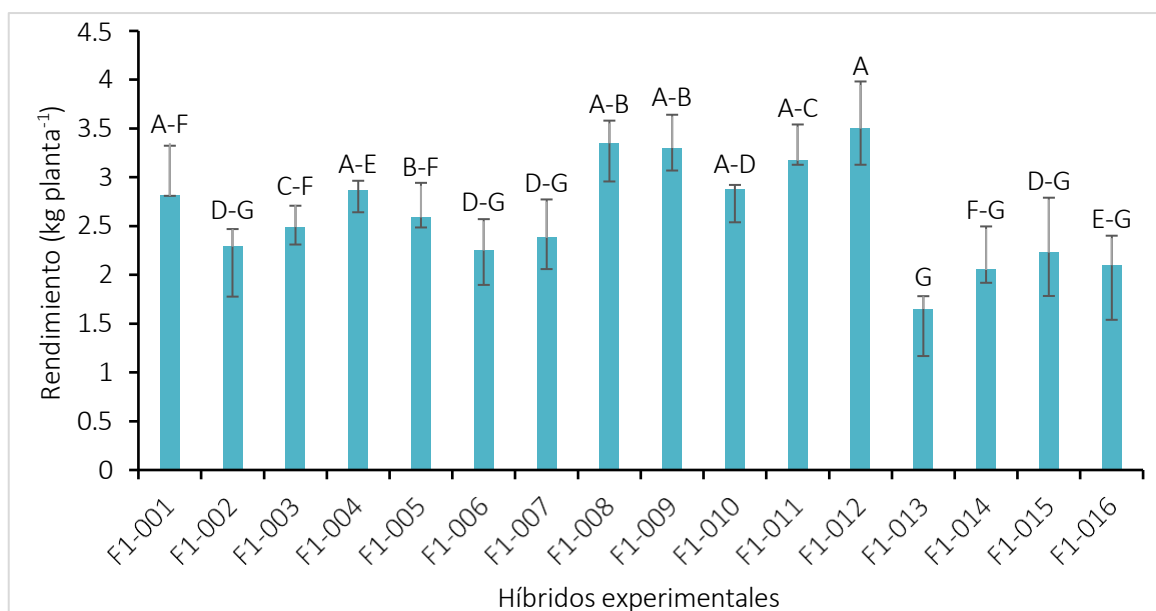


Figura 1. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del rendimiento en kilogramos por planta de 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

6.2 Número de frutos por planta

El análisis estadístico indicó diferencias significativas entre tratamientos. De acuerdo con la prueba de medias de Tukey al 0.05, el genotipo 12 presentó el mayor número promedio de frutos (24.60), mientras que el material 16 registró el valor más bajo (9.80), los demás genotipos fueron intermedios. La prueba de Tukey permitió distinguir varios grupos estadísticos, mostrando la variabilidad genética sobre la producción de frutos, variabilidad que se atribuye a la genética de cada híbrido experimental. El trabajo realizado por Monge-Pérez et al. (2022), muestra resultados parecidos, al encontrar diferencias significativas entre el número de frutos por planta y los distintos materiales de pimiento evaluados.

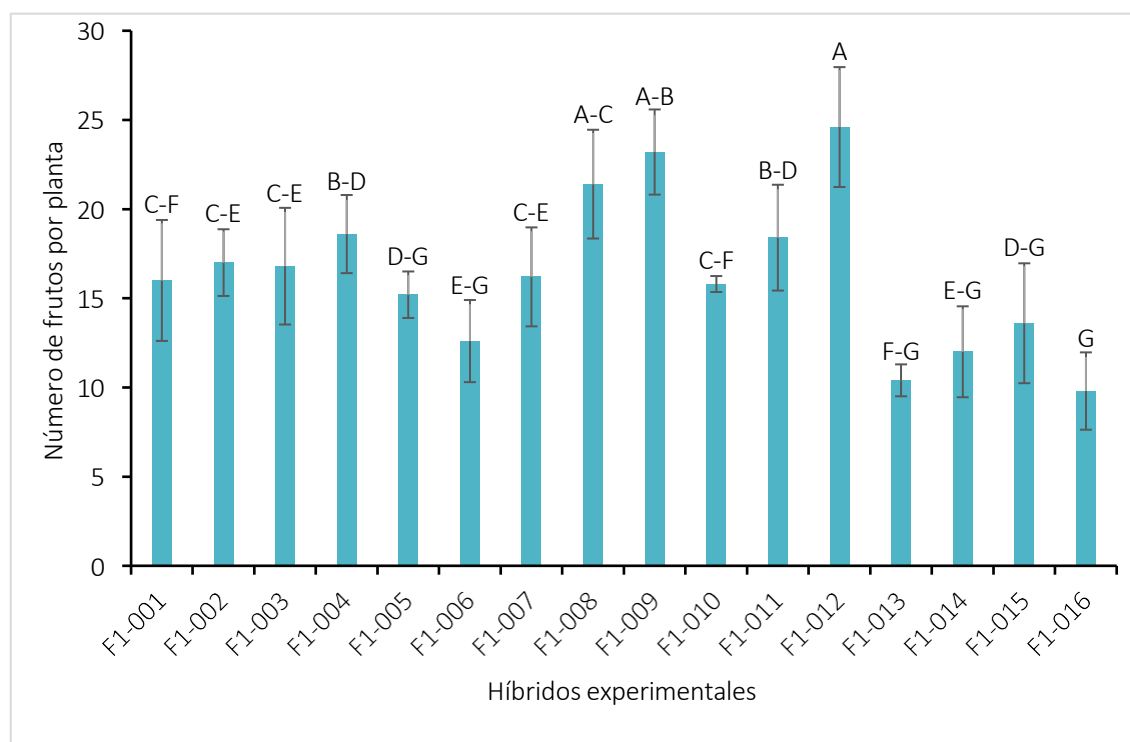


Figura 2. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del número de frutos por planta en 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

6.3 Peso promedio de fruto

El análisis estadístico mostró diferencias entre materiales genéticos. De acuerdo a la prueba de medias de Tukey al 0.05, el material 16 presentó el mayor peso promedio de fruto (219.00 g), seguido por los materiales 10 y 6, los cuales no mostraron diferencias estadísticas entre sí. Al mismo tiempo, el material 2 registró el menor peso promedio (135.64 g). Con base en los datos obtenidos, podemos corroborar lo reportado por Luna-Ortega et al. (2025), quienes encontraron variación en el peso promedio de fruto entre genotipos de pimiento morrón cultivados bajo diferentes condiciones de producción, atribuyendo esta respuesta a la interacción entre el material genético, el ambiente y el manejo agronómico. Lo anterior indica diferencias en la capacidad de cada genotipo para desarrollar frutos de mayor tamaño y acumulación de biomasa y azúcares bajo condiciones de agricultura protegida (Bhattarai et al., 2020).

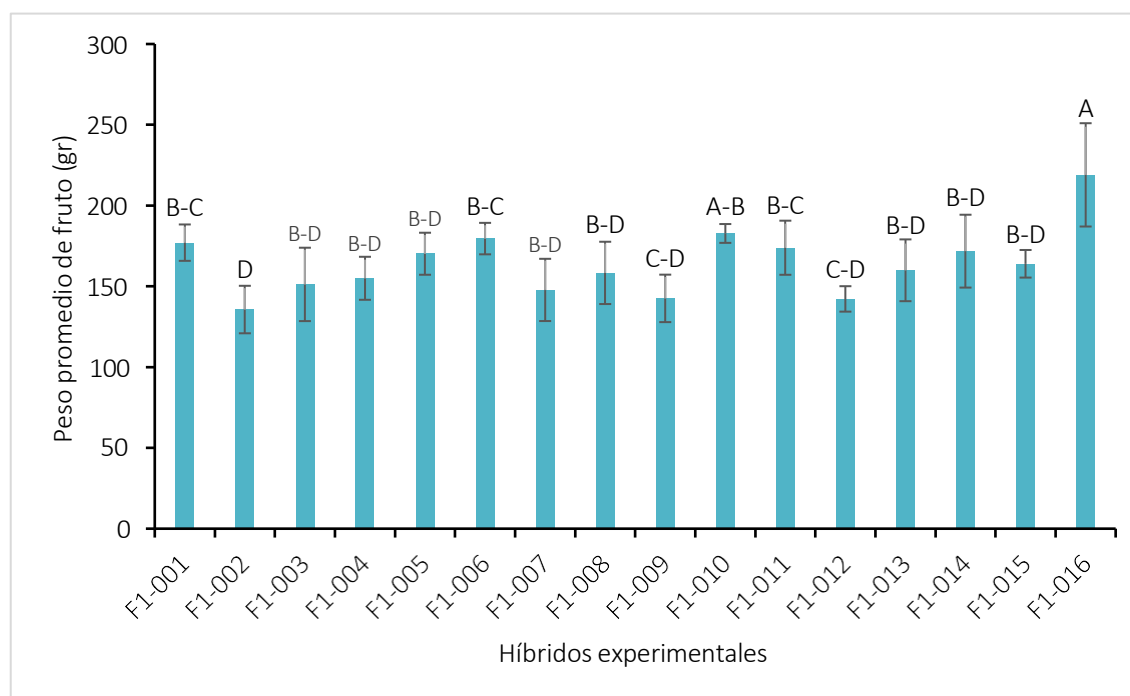


Figura 3. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del peso promedio de fruto en 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

6.4 Rendimiento calculado en (Ton ha⁻¹)

El rendimiento calculado por hectárea mostró diferencias significativas entre los materiales genéticos evaluados de acuerdo con el ANVA. Acorde a la prueba de medias de Tukey 0.05, el material 12 presentó el mayor rendimiento (115.33 t ha⁻¹) calculadas, seguido por los materiales 8 y 9. El material 13 registró el valor más bajo (54.55 t ha⁻¹). La prueba de Tukey permitió establecer varios grupos estadísticos, evidenciando diferencias entre materiales genéticos y su respuesta específica al ambiente de evaluación. Moreno-Pérez et al. (2011) evaluaron híbridos de pimiento morrón bajo condiciones de invernadero e hidroponía, encontrando diferencias en los componentes del rendimiento, demostrando que el comportamiento productivo puede variar de acuerdo con el material genético evaluado. Los resultados pueden atribuirse a la capacidad productiva de cada genotipo y a su respuesta bajo las condiciones de manejo establecidas durante el ciclo de cultivo (García-Hernández et al., 2020).

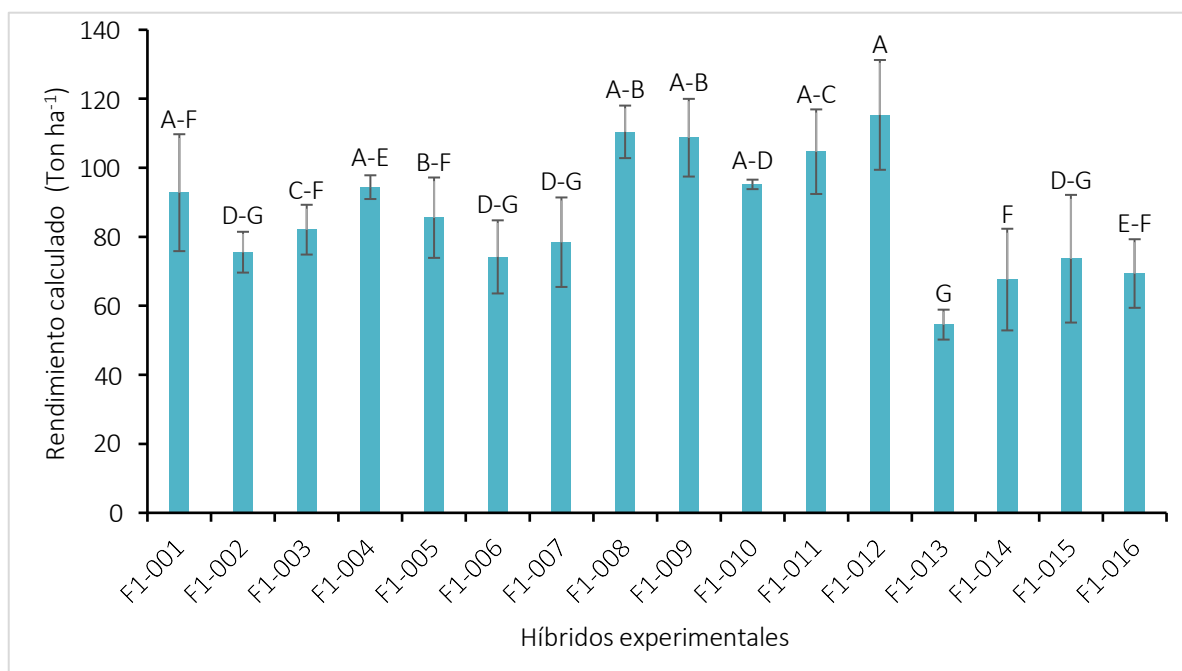


Figura 4. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del rendimiento en Ton-1/Ha en 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

6.5 Número de lóculos por fruto

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre materiales genéticos, en consecuencia, la prueba de medias de Tukey al 0.05, no detectó separación estadística entre medias, ya que todos los materiales compartieron el mismo grupo estadístico. Esto indica que, aunque existe variación general o porcentual, las diferencias específicas entre materiales fueron mínimas, además la mayoría promedió cuatro lóculos que son los preferidos del mercado. Ma et al. (2022) señalan que el número de lóculos en pimiento está relacionado con la expresión genética del fruto, por lo que las variaciones observadas entre materiales aun sin ser significativas pueden estar asociadas al comportamiento propio de cada genotipo.

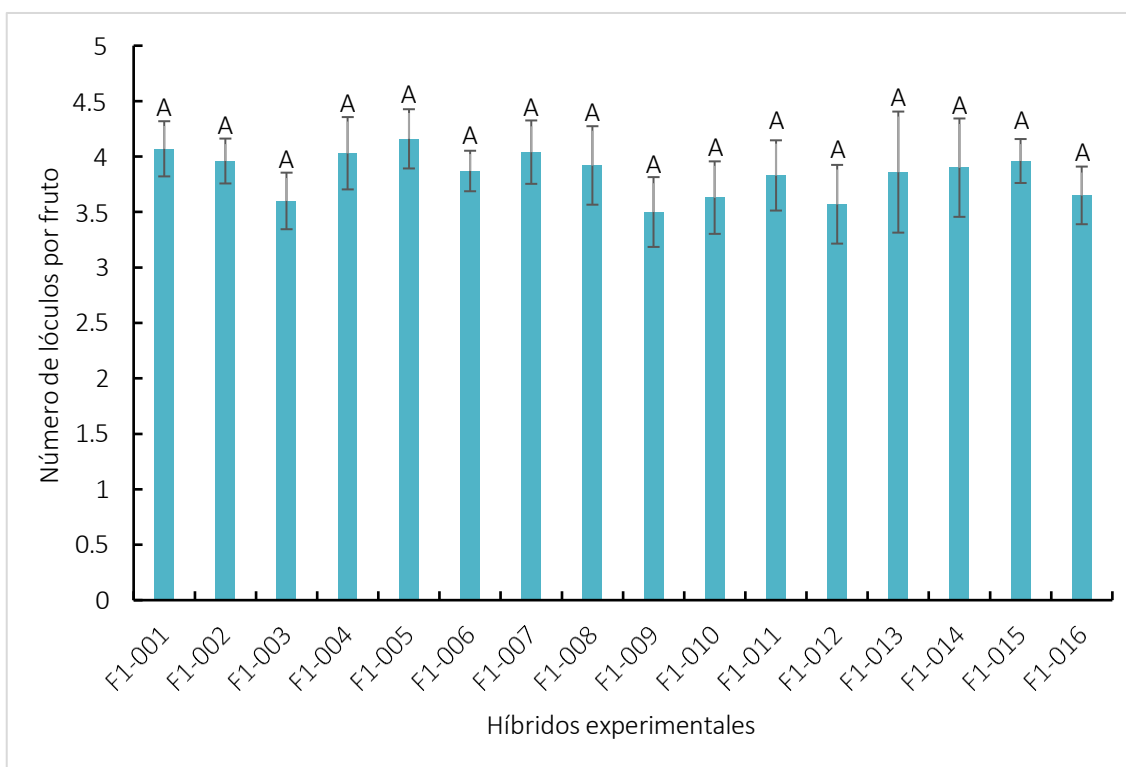


Figura 5. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del número de lóculos por fruto en 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

6.6 Longitud de fruto

No se detectaron diferencias significativas entre los materiales genéticos evaluados ($p=0.2776$). La prueba de Tukey confirmó la ausencia de separación estadística. Por lo tanto, la longitud del fruto no fue influenciada de manera significativa por el material genético. aunque la longitud del fruto puede estar influenciada por el genotipo y el ambiente de producción, los híbridos evaluados presentaron una respuesta uniforme para esta variable bajo el ambiente de evaluación, comportamiento que puede observarse en evaluaciones de pimiento dulce bajo condiciones protegidas (Farooq et al., 2015).

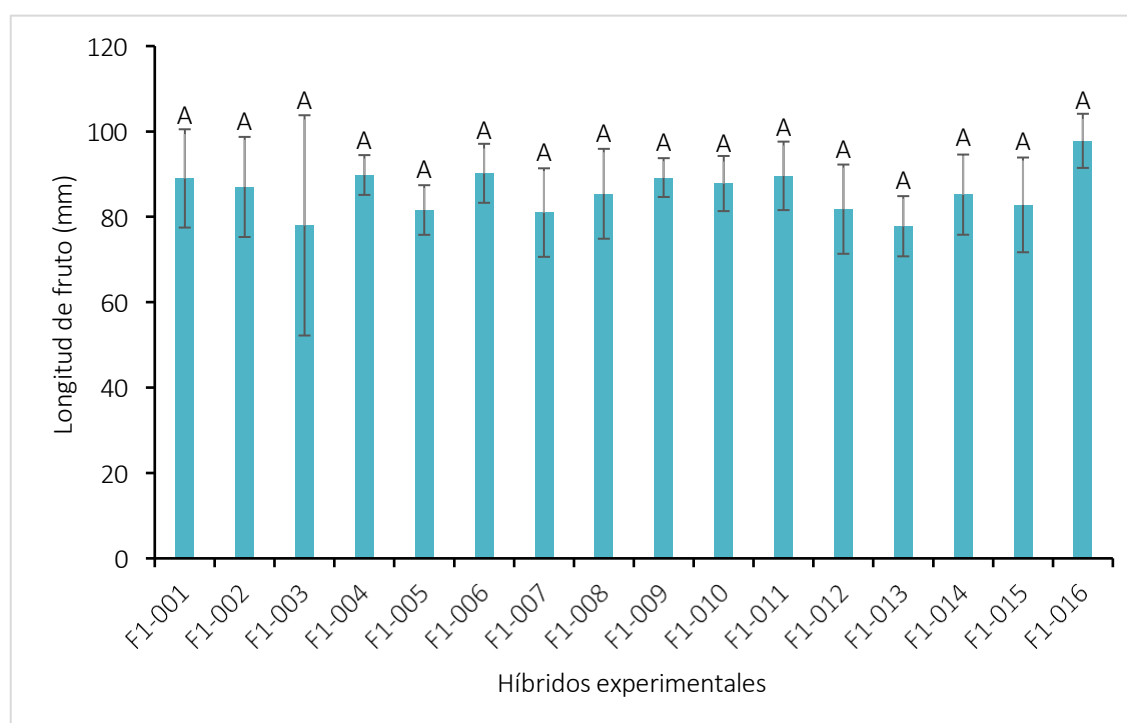


Figura 6. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la longitud de fruto en 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

6.7 Diámetro de fruto

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre materiales genéticos ($p=0.5818$). De igual forma, la prueba de Tukey indicó que todos los materiales pertenecen al mismo grupo estadístico. Esto sugiere que el diámetro del fruto se mantuvo estable independientemente del material genético evaluado.

A pesar de no contar con diferencias significativas, el diámetro de fruto es una característica morfológica que puede presentar variación entre genotipos, dependiendo del material evaluado y de las condiciones de producción (Sultan et al., 2020).

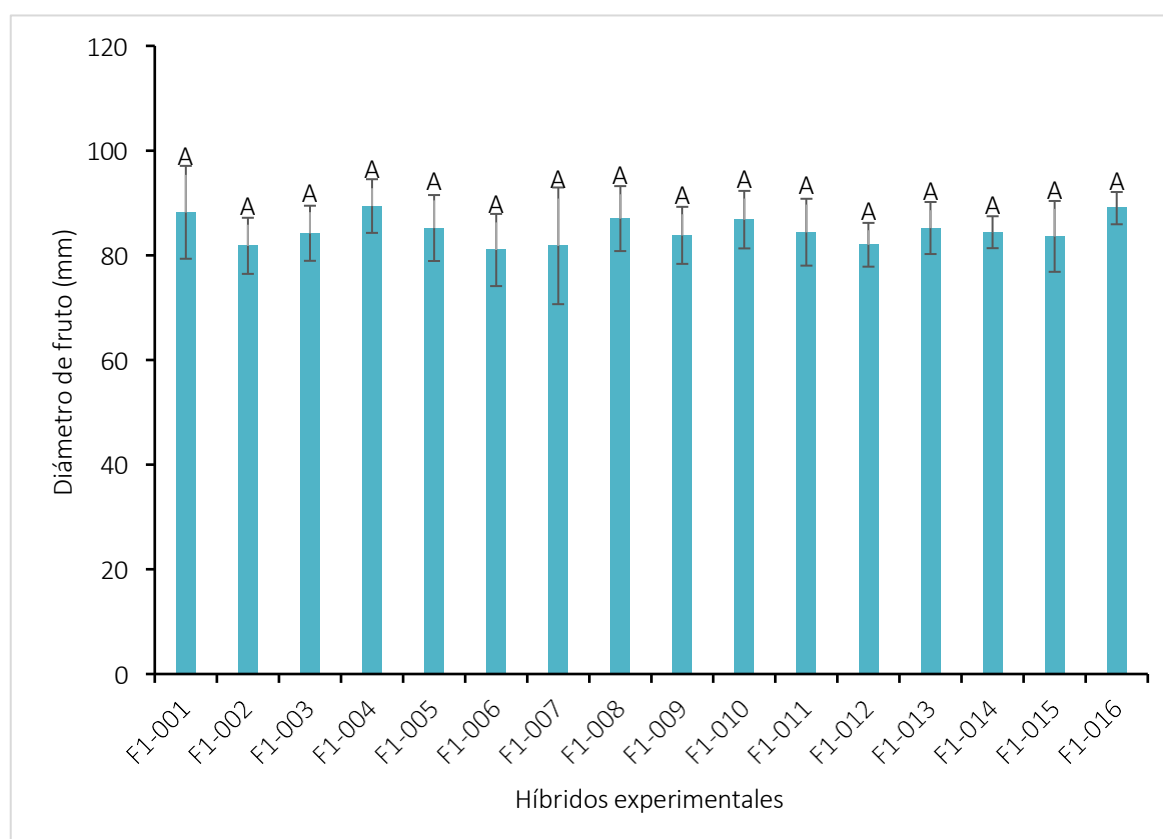


Figura 7. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del diámetro de fruto en 16 genotipos de pimiento morrón *Capsicum annuum* L. evaluados bajo condición de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas. Las barras verticales representan la desviación estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

7 CONCLUSION

La evaluación de dieciséis materiales genéticos experimentales de pimiento morrón bajo condiciones de invernadero en la región Centro-Norte del estado de Zacatecas permitió identificar diferencias en el comportamiento agronómico y productivo de los genotipos evaluados. El análisis de varianza mostró variación entre materiales para variables de importancia comercial como rendimiento por planta, número de frutos, peso promedio de fruto y rendimiento calculado por hectárea, lo que confirma que la respuesta productiva estuvo influenciada por el material genético evaluado.

El material número 012 presentó el mejor comportamiento productivo, al registrar el mayor rendimiento por planta con 3.50 kg planta, el mayor número promedio de frutos con 24.60 frutos por planta y el mayor rendimiento calculado con 115.33 t ha. En contraste, el material 13 mostró el menor rendimiento por planta y por hectárea, mientras que el material 16 presentó el mayor peso promedio de fruto, con 219.00 g. Estos resultados indican que algunos materiales destacaron por producción total, mientras que otros sobresalieron por características individuales del fruto.

8 BIBLIOGRAFIA

- Bhattarai, D. R., Maharjan, S. K., Gautam, I. P., Subedi, S., & Pokhrel, S. (2020). Evaluation of Capsicum (*Capsicum annuum* L.) genotypes for variety improvement. Journal of Agriculture and Forestry University, 4, 139–144.
- Camposeco-Montejo, N., Robledo-Torres, V., Ramírez-Godina, F., Mendoza-Villarreal, R., Pérez-Rodríguez, M. Á., & Cabrera-de la Fuente, M. (2018). Response of bell pepper to rootstock and greenhouse cultivation in coconut fiber or soil. Agronomy, 8(7), 111. <https://doi.org/10.3390/agronomy8070111>
- Elizondo-Cabalceta, E., & Monge-Pérez, J. E. (2017). Evaluación de calidad y rendimiento de 12 genotipos de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. Tecnología en Marcha, 30(2), 36–47. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i2.3194>
- Farooq, M., Ramzan, A., Chattha, M. R., Qasim, U., Nawab, N. N., & Hidayatullah. (2015). Studies on the performance of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) hybrids under plastic tunnel. Science, Technology and Development, 34(3), 155–157.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *FAOSTAT statistical database*. FAO. <https://www.fao.org/faostat/>
- García Vázquez, D. (2022). Producción de chile (*Capsicum annuum*) como respuesta a dos tipos de poda [Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].
- García-Hernández, S. A., Marín-Sánchez, J., Romero-Méndez, M., Hernández-Pérez, C., & López-Aguirre, S. (2020). Respuesta productiva y de calidad de seis variedades de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) a la fertilización orgánica en Guadalajara, S.L.P. Revista Bio Ciencias, 7, e743. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e743>

- Godínez-Paoli, R. (2020). Fungicidas, biocontroladores e inductores de resistencia en híbridos comerciales de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) inoculados con *Phytophthora capsici* Leo [Tesis doctoral, Universidad Autónoma Chapingo]. Universidad Autónoma Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2018). Tecnología para la producción de chile en México. INIFAP.
- José E. Monge-Pérez, Esteban Elizondo-Cabalceta, & Michelle Loría-Coto (2022). Producción de pimiento (*Capsicum annuum*): comparación entre tipos de pimiento. RIDTEC, 18(1), 100–107. Panamá: Universidad Tecnológica de Panamá. <https://doi.org/10.33412/idt.v18.1.3488>
- Luna-Ortega, J. G., Ramos-Hernández, J. A., Gallegos-Robles, M. A., ZuñigaGracia, D. A., Márquez-Mendoza, J. I., García-Carrillo, M., & González-Torres, A., (2025). Evaluación del Crecimiento y Rendimiento de Pimiento Morrón en dos Sitios de Producción con Fertilizantes Orgánicos. Terra Latinoamericana, 43, 1-10. e2061. <https://doi.org/10.28940/terra.v43i.2061>
- Ma, X., Qiao, Y.-M., Li, Y., Yu, Y.-N., & Gong, Z.-H. (2022). Identification of fruit traits related QTLs and a candidate gene, CaBRX, controlling locule number in pepper (*Capsicum annuum* L.). Horticulturae, 8(2), 146. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020146>
- Martínez, I. E., Martínez-Cuenca, M. R., Marsal, J. I., Cerda, M. J., Díez, M. J., Soler, S., Valcárcel, J. V., & Calatayud, A. (2020). Caracterización nutricional de variedades tradicionales valencianas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). Agríc. Vergel, 428, 209–215.
- Morales-Manzo, I. I. (2023). Mejora genética del chile (*Capsicum annuum* L.) para estrés biótico: oídio (*Leveillula taurica* (Lév.) Arn.) y fertilidad del suelo: retos de la agricultura ecológica y búsqueda de fuentes de variación de interés y factores genéticos relacionados [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València]. Universitat Politècnica de València.

- Moreno-Pérez, E. C., Mora-Aguilar, R., Sánchez-del-Castillo, F., & García-Pérez, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(spe2), 5–18. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v17nspe2/v17nspe2a2.pdf>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2022). Planeación Agrícola Nacional: Pimiento. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2023). Panorama agroalimentario de hortalizas. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2017). Planeación agrícola nacional 2017–2030. Gobierno de México.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). Anuario estadístico de la producción agrícola. Gobierno de México. <https://nube.agricultura.gob.mx/>
- Silvestre-Castañeda, L. (2022). Evaluación del desempeño agronómico y calidad de frutos de cuatro genotipos de pimiento morrón bajo invernadero [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Sultan, A., Afroza, B., Shah, M., Akhter, A., Azrah, S., Usman, M., & Rather, M. (2020). Evaluation of coloured sweet pepper genotypes under temperate conditions of Kashmir Valley. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(9), 2316–2322. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.909.289>

