

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



Evaluación Agronómica de Híbridos Experimentales de Pimiento Morrón Bajo
Condiciones de Invernadero

Por:

ORESTE GARCIA FELIX

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Marzo 2026

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

Evaluación Agronómica de Híbridos Experimentales de Pimiento Morrón Bajo
Condiciones de Invernadero

Por:

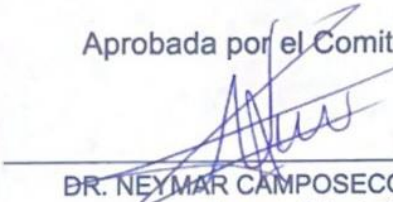
ORESTE GARCIA FELIX

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


DR. JOSUE ISRAEL GARCIA LOPEZ
Coasesor


DR. FRANCISCO ALFONSO GORDILLO
MELGOZA
Coasesor


DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Marzo 2026

Declaración de no Plagio

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

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

Autor principal

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'O' and 'G' followed by 'Félix'.

Oreste García Félix

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** porque es al que siempre me encomiendo cada día para lograr mis metas y propósitos en la vida, siempre me da fuerzas para seguir adelante a pesar de cualquier obstáculo, gracias por nunca dejarme solo.

A mi “**Alma Terra Mater**”, la “**Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**”, por haberme acogido en esta prestigiosa institución, motivándome constantemente a mejorar en mi desarrollo profesional y proporcionándome las herramientas necesarias para alcanzar mis metas.

A mi asesor, el **Dr. Neymar Camposeco Montejo** por su valiosa orientación, apoyo constante y dedicación durante el desarrollo de esta investigación. Sus conocimientos, experiencia y disposición para compartir ideas fueron fundamentales para la realización y culminación de este trabajo, las cuales contribuyeron de manera significativa a mi formación profesional y al logro de los objetivos planteados en esta tesis.

Al **C. Lorenzo Villa Sandoval** por el apoyo que me brindó durante todo el proceso de este proyecto de tesis, le agradezco sinceramente el tiempo que dedicó y el respaldo que me dio para poder sacar adelante este trabajo.

A mis amigos, **Bibiana, Vianney, Jacque, Javier, Luis** por su amistad incondicional y por estar siempre presentes en los momentos más importantes de este proceso. Su apoyo, compañía y palabras de ánimo fueron fundamentales cuando más lo necesité, y sin duda forman parte importante de este logro.

De manera especial, agradezco a mi mejor amiga **Nancy**, por su constante apoyo y motivación a lo largo de esta etapa. Su amistad, confianza y presencia en los momentos difíciles y de alegría hicieron este camino mucho más significativo, y siempre estaré agradecido por ello.

DEDICATORIA

A mis padres

Sostene García Malagón y Guadalupe Félix Santana, por ser siempre el pilar fundamental en mi vida y por brindarme siempre su amor, apoyo y confianza incondicional, gracias por los valores que me han inculcado, por su esfuerzo y sacrificio para que pudiera alcanzar mis metas y por acompañarme en cada paso de este camino, este logro también es de ustedes, pues sin su apoyo, motivación y ejemplo constante no habría sido posible llegar hasta aquí.

A mis hermanas

Lourdes Itahi y Rosa Cecilia, sus consejos y regaños en momentos difíciles me motivaron en este proceso, sin su amor no tendría la fuerza necesaria para seguir mis sueños y metas, les agradezco por siempre estar presentes en mi vida.

A mis tías y mi Abuela

Luz y Adelaida, siempre me apoyaron e impulsaron a ser un profesionista, le agradezco todos sus consejos, para mi fueron muy importantes para alcanzar esta meta en mi vida. Abuela Margarita gracias por apoyar a mis padres cuando lo necesitaban y gracias por darme al mejor padre del mundo que hizo todo para que cumpliera mi sueño. Este logro también es para ustedes y con mucho orgullo les dedico este trabajo.

A mis abuelos

Claudio, Vicente y Alicia, aunque ya no estén aquí conmigo, les dedico este logro por el cual tanto me esforcé. Me hubiera gustado mucho que pudieran ver que logré aquello que tanto les platicaba cuando era pequeño. Espero que, donde quiera que estén, se sientan orgullosos de su pequeño Ore.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVO	15
2.1 Objetivo General	15
2.2 Objetivo Específico	15
3. HIPÓTESIS	15
4. REVISIÓN DE LITERATURA	16
4.1 Origen del cultivo	16
4.2 Importancia del pimiento a nivel mundial	16
4.3 Importancia del pimiento a nivel nacional	17
4.3.1 Estados con mayor rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$)	17
4.4 Importancia del pimiento morrón en Coahuila	18
4.5 Importancia económica, social y cultural del pimiento	18
4.5.1 Importancia económica	18
4.5.2 Importancia social	19
4.5.3 Importancia cultural	19

4.6 Problemas fitosanitarios: plagas y enfermedades	19
4.7 Influencia de las condiciones climáticas	20
4.8 Manejo nutricional inadecuado	20
4.9 Elección inadecuada de variedades.....	20
4.10 Estrategias a las problemáticas nutricionales, preventivas y genéticas	21
4.10.1 Estrategia nutricional.....	21
4.10.2 Estrategias preventivas	21
4.10.3 Estrategia genética	22
4.11 Mejoramiento genético de chiles.....	22
4.12 Mejoramiento genético del pimiento.....	22
5. MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1 Ubicación del sitio experimental	25
5.2 Material genético	25
5.3 Diseño de la parcela experimental	26
5.4 Establecimiento de plántulas	26
5.5 Trasplante.....	27
5.6 Riego y Fertilización	27
5.7 Tareas culturales	28
5.8 Cosecha.....	29
5.9 Variables evaluadas.....	29
5.10 Análisis estadístico	31
6. RESULTADOS y DISCUSIÓN.....	32
6.1 Rendimiento (g planta ⁻¹)	32
6.2 Número de frutos por planta.....	33

6.3	Peso promedio del fruto (g)	34
6.4	Diámetro Polar	35
6.5	Diámetro Ecuatorial	36
6.6	Número de lóculos	37
6.7	Grosor del mesocarpio	38
6.8	Sólidos Solubles Totales (°Brix)	39
6.9	Rendimiento (t ha⁻¹)	40
6.10	Diámetro de Tallo	41
6.11	Altura de planta	42
7.	CONCLUSIÓN	43
8.	LITERATURA CITADA	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Material genético evaluado correspondió a ocho híbridos experimentales	26
Tabla 2. Composición Nutricional del Fertirriego en el Cultivo de Pimiento en Condiciones de Invernadero.....	27
Tabla 3. Productos utilizados en el manejo fitosanitario del cultivo de pimiento ...	28
Tabla 4. Cosechas realizadas en los ocho genotipos evaluados.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación invernadero UAAAN Saltillo, Coahuila, México (Google Maps, 2026).....	25
Figura 2. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de rendimiento en gramos por planta, de ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.	32
Figura 3. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de numero de frutos por planta, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.	33
Figura 4. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable Peso Promedio de Fruto, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.	34
Figura 5. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable diámetro polar de fruto, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.	35
Figura 6. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable diámetro ecuatorial de fruto, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.	36

Figura 7. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable número de lóculos, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.	37
Figura 8. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de grosor de mesocarpio, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.	38
Figura 9. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de sólidos solubles totales, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.	39
Figura 10. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de rendimiento calculado en toneladas por tonelada, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.	40
Figura 11. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de diámetro de tallo, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.	41
Figura 12. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de altura de planta, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.	42

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la respuesta agronómica de ocho híbridos experimentales de pimiento morrón (*Capsicum annuum*), bajo condiciones de invernadero en Saltillo, Coahuila. En el Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). El experimento se estableció bajo un diseño y modelo estadístico completamente aleatorio con ocho híbridos experimentales de pimiento (tratamientos) con tres repeticiones cada uno. Los datos obtenidos se analizaron con un ANVA ($p \leq 0.05$) y la prueba de medias fue por Duncan ($p \leq 0.05$). Los resultados muestran que, en la evaluación del rendimiento, los híbridos P1101, P0906 y P1106 fueron los más sobresalientes en el rendimiento en gramos por planta, peso promedio del fruto y rendimiento calculado en toneladas por hectárea. Por otra parte, en número de frutos por planta destacaron los híbridos P0906, P1101, P1106, P0901 y P0911 con 10.07 y 10.70 frutos por planta. En cuanto la calidad del fruto, las variables como diámetro ecuatorial, número de lóculos y grosor del mesocarpio mostraron un comportamiento uniforme y sin tantas diferencias, por otra parte, en el diámetro polar del fruto el híbrido sobresaliente fue P1101 con 81.63 mm y en el contenido de sólidos solubles totales el que destacó fue el híbrido P1106 con 8.90 °Brix. Respecto a la morfología, los híbridos P0901 y P1101 fueron los más sobresalientes en diámetro del tallo con 15.13 y 14.75 mm, mientras que en la altura de planta destacó el híbrido P1106 con 120.83 cm. Las diferencias encontradas en la respuesta de los híbridos experimentales se atribuyen a su adaptación particular al ambiente de evaluación de Saltillo, Coahuila y a la combinación de los parentales utilizados.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, híbrido, respuesta agronómica, genética

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the agronomic response of eight experimental hybrids of bell pepper (*Capsicum annuum*) under greenhouse conditions in Saltillo, Coahuila. In the Department of Plant Breeding of the Antonio Narro Autonomous Agrarian University (UAAAN). The experiment was established under a completely randomized statistical design and model with eight experimental pepper hybrids (treatments) with three replications each. The data obtained were analyzed with an ANVA ($p \leq 0.05$) and the mean test was by Duncan ($p \leq 0.05$). The results show that, in the yield evaluation, the hybrids P1101, P0906 and P1106 were the most outstanding in the yield in grams per plant, average fruit weight and yield calculated in tons per hectare. On the other hand, in terms of the number of fruits per plant, the hybrids P0906, P1101, P1106, P0901 and P0911 stood out with 10.07 and 10.70 fruits per plant. Regarding the quality of the fruit, the variables such as equatorial diameter, number of locules and thickness of the mesocarp showed a uniform behavior without so many differences, on the other hand, in the polar diameter of the fruit the outstanding hybrid was P1101 with 81.63 mm and in the content of total soluble solids the one that stood out was the hybrid P1106 with 8.90 °Brix. Regarding morphology, the hybrids P0901 and P1101 were the most outstanding in stem diameter with 15.13 and 14.75 mm, while in plant height the hybrid P1106 stood out with 120.83 cm. The differences found in the response of the experimental hybrids are attributed to their particular adaptation to the evaluation environment of Saltillo, Coahuila and to the combination of the parents used.

Keywords: *Capsicum annuum*, hybrid, agronomic response, genetics

1. INTRODUCCIÓN

El pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos hortícolas más relevantes a nivel mundial, debido a su valor comercial, como por su importancia en la alimentación. Esta hortaliza pertenece a la familia *Solanaceae* y al género *Capsicum*, con diferentes especies cultivadas y silvestres, distribuidas en diversas áreas. México se reconoce como uno de los principales centros de origen y diversificación de este género, donde existe una amplia variabilidad genética de chiles y pimientos con gran importancia agrícola y cultural (Bosland & Votava, 2012; FAO, 2023).

Recientemente la producción de pimiento ha mostrado un crecimiento constante, impulsado principalmente por la demanda del mercado y el uso de sistemas de producción más tecnificados. Además, la agricultura protegida ha permitido un mejor control de factores como la temperatura, la humedad y la nutrición, lo que favorece el rendimiento y la calidad del fruto. Así, el cultivo de pimiento morrón se ha convertido en una alternativa productiva importante en distintos países (FAO, 2023). En México, este cultivo tiene un papel importante dentro del sector hortícola, ya que contribuye al valor de la producción agrícola como a las exportaciones, principalmente hacia Estados Unidos y Canadá. Además, representa una fuente importante de empleo en zonas rurales, lo que fortalece su impacto económico y social (SIAP, 2024).

En México, el estado de Coahuila destaca por sus altos rendimientos en la producción de pimiento, especialmente bajo condiciones de agricultura protegida. En estos sistemas, la selección de genotipos con buena adaptación, alto rendimiento y calidad de fruto es fundamental para mejorar la productividad y la rentabilidad del cultivo (SIAP, 2024). El mejoramiento genético es importante también en el desarrollo del cultivo porque ha permitido obtener híbridos con mejores características agronómicas, mayor uniformidad y tolerancia a factores

adversos. Estos avances se basan en el aprovechamiento de la variabilidad genética de *Capsicum annuum*, lo que permite seleccionar materiales que respondan tanto a las condiciones de producción como a las exigencias del mercado (Nankolongo et al., 2023).

Con base a lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento agronómico de ocho híbridos experimentales de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de invernadero en Saltillo, Coahuila, con la finalidad de identificar aquellos híbridos con mayor potencial productivo y características agronómicas favorables que puedan contribuir al fortalecimiento de los programas de mejoramiento genético y a la optimización de los sistemas de producción de este cultivo.

2. OBJETIVO

2. 1 Objetivo General

Determinar la respuesta agronómica de ocho híbridos experimentales de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de invernadero en Saltillo, Coahuila.

2.2 Objetivo Específico

- Comparar el comportamiento productivo de ocho híbridos experimentales de *Capsicum annuum* evaluados.
- Analizar las características morfológicas y calidad de fruto de cada híbrido de pimiento morrón.
- Identificar los híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) sobresalientes en el rendimiento y calidad de fruto para su posterior comparación agronómica con híbridos comerciales.

3. HIPÓTESIS

Al menos uno de los híbridos experimentales de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en Saltillo, Coahuila, mostrará un mejor desempeño agronómico y calidad de fruto.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen del cultivo

El cultivo de *Capsicum annuum* es una de las plantas hortícolas más antiguas domesticadas en el continente americano. Diversos estudios arqueológicos sugieren que su cultivo ya se realizaba en Mesoamérica hace aproximadamente 6000 años. Además, se han señalado que su domesticación ocurrió en la región centro-oriental de México, a partir de poblaciones silvestres como *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* (Kraft et al., 2014).

También se ha documentado que especies silvestres del género *Capsicum* eran utilizadas por grupos humanos desde hace cerca de 8 000 años, especialmente en regiones de Sudamérica como Bolivia y Perú, y que posteriormente se dispersaron hacia Centro y Norteamérica, se dio tanto en procesos naturales como por el movimiento de poblaciones humanas, lo que permitió su diversificación y su domesticación. (Bosland & Votava, 2012; Kraft et al., 2014). Con la llegada del intercambio biológico en el siglo XV, el pimiento fue introducido en Europa y posteriormente hacia África y Asia, donde rápidamente se adaptó a diversos sistemas de producción y a múltiples tradiciones culinarias, lo que favoreció su amplia distribución a nivel mundial (Kraft et al., 2014).

4.2 Importancia del pimiento a nivel mundial

Actualmente el *C. annuum* es uno de los cultivos hortícolas de mayor relevancia a nivel mundial, no solo por su valor comercial, sino también por su amplia adaptación a diferentes condiciones agroecológicas. Estas características han permitido que su producción se extienda a diversas regiones, tanto en sistemas tradicionales como en agricultura protegida. Además, el pimiento destaca por su valor nutricional en la dieta humana, atribuida a sus características organolépticas, este cultivo también tiene un papel destacado en la economía agrícola mundial, ya que contribuye a la generación de ingresos, la creación de empleo y el fortalecimiento del comercio exterior (FAO, 2023).

La producción mundial de pimientos y chiles ha mostrado un crecimiento constante, alcanzando cifras superiores a los 36 millones de toneladas anuales, acompañado de una expansión de la superficie cultivada cercana a 3.8 millones de hectáreas. Los países como China, India y México se posicionan entre los principales productores a nivel global (FAO, 2023).

4.3 Importancia del pimiento morrón a nivel nacional

El pimiento morrón tiene una importancia estratégica dentro de la agricultura mexicana, no solo por su productividad sino por el valor económico que representa. De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), actualmente se cosechan más de 6,500 hectáreas, con una producción que ronda las 530 mil toneladas y un rendimiento promedio cercano a $80.4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (SIAP, 2024).

En años anteriores, México se ha consolidado como uno de los principales productores y exportadores del pimiento a nivel mundial, destacando especialmente en el mercado de Estados Unidos. Sin embargo, en algunas regiones del país los rendimientos llegan a ser aún mayores, esto se debe a la adopción de tecnologías como la agricultura protegida, el uso de sistemas de fertirrigación y un manejo más tecnificado del cultivo. Mediante estas prácticas, los productores logran aprovechar mejor los recursos y obtener mayores rendimientos por superficie (SIAP, 2024; SAGARPA, 2017).

4.3.1 Estados con mayor rendimiento ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)

- Querétaro: $210.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$
- Hidalgo: $138.5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$
- Coahuila: $113.8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$
- Jalisco: $112.0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$
- Guanajuato: $93.3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$
- Nayarit: $92.1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$
- Michoacán: $81.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$
- Sonora: $75.9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (SIAP, 2024).

4.4 Importancia del pimiento morrón en Coahuila

En el estado de Coahuila, el *C. annuum* es un cultivo que poco a poco ha ido tomando importancia dentro de la producción hortícola del estado. Según lo que indica el Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2024 del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), durante ese año se registraron 142 hectáreas, mismas que fueron cosechadas en su totalidad, con una producción que alcanzó las 16,163 toneladas. El rendimiento promedio fue de 113.82 toneladas por hectárea, un dato que deja ver que se trata de un cultivo con buen nivel de productividad en la entidad (SIAP, 2024).

Si se observan estos resultados con más detalle, es probable que estén relacionados con el uso de riego y con prácticas de manejo más tecnificadas. En muchos casos, los productores ya incorporan este tipo de estrategias para mejorar sus rendimientos y aprovechar mejor los recursos disponibles. Por ello, el pimiento morrón no solo destaca por lo que produce, sino también porque representa una alternativa atractiva dentro de la horticultura estatal. Además, su cultivo contribuye al movimiento económico de la región, ya sea por la generación de empleo o por su participación dentro de las cadenas productivas agrícolas (SIAP, 2024).

4.5 Importancia económica, social y cultural del pimiento

4.5.1 Importancia económica

El pimiento, junto con otros chiles del género *Capsicum*, es actualmente uno de los cultivos hortícolas con mayor presencia a nivel mundial, debido a la demanda constante que mantiene en los mercados y su valor como producto comercial. Además, su capacidad de adaptarse a distintos sistemas de producción ha permitido su expansión en diversas regiones. En particular, el uso de agricultura protegida, como el cultivo en invernadero, ha demostrado ser una alternativa eficiente, ya que favorece la obtención de frutos de mejor calidad y mayores rendimientos (Halshoy & Sadik, 2025). En México, este cultivo tiene un papel importante dentro del sector hortícola, ya que contribuye al valor de la producción agrícola y es estratégico en el

comercio exterior, especialmente por su exportación hacia Estados Unidos y Canadá, donde mantiene una demanda constante (SIAP, 2024).

4.5.2 Importancia social

Si se ve desde el lado social, la producción del pimiento también tiene un papel importante, sobre todo en la generación de empleo en las zonas rurales. A lo largo de todo el proceso, desde que se establece el cultivo, pasando por su manejo y la cosecha, hasta el empaque y la venta, se necesita bastante mano de obra. Por ello este cultivo termina siendo una fuente de ingreso para muchas familias y ayuda a mover la economía local, especialmente en regiones donde la horticultura intensiva es una de las principales actividades. Además, el uso de sistemas de agricultura protegida ha ido cambiando un poco la dinámica del trabajo en el campo, lo cual ha impulsado el uso de nuevas tecnologías, y por otro, ha permitido que algunos empleos sean más estables en comparación con los sistemas tradicionales (SIAP, 2024; SAGARPA, 2017).

4.5.3 Importancia cultural

México es reconocido como uno de los principales centros de origen y diversificación del género *Capsicum*, lo que ha dado lugar a una amplia diversidad de chiles que forman parte esencial del patrimonio cultural y gastronómico del país. Los chiles del género *Capsicum* se consumen en distintas presentaciones, ya sea frescos, secos o procesados, y constituyen ingredientes fundamentales en la dieta tradicional mexicana. Además, estos cultivos están estrechamente ligados a prácticas agrícolas tradicionales y a diversas expresiones culturales regionales, lo que refuerza su importancia como parte del patrimonio alimentario nacional (Aguilar-Meléndez et al., 2009; Contreras-Toledo et al., 2011).

4.6 Problemas fitosanitarios: plagas y enfermedades

El cultivo de *C. annuum* puede ser afectado por diferentes plagas y organismos patógenos que comprometen tanto su crecimiento como la cantidad y calidad de los frutos. Entre los insectos más comunes se encuentran la mosca blanca (*Bemisia*

tabaci), los trips (*Frankliniella occidentalis*), los pulgones y los ácaros, los cuales se alimentan de la savia de la planta y, en algunos casos, funcionan como vectores de virus. Por otro lado, enfermedades provocadas por hongos, bacterias o virus, como marchitez, tizones o mosaicos virales, también pueden aparecer durante el ciclo de cultivo, generando pérdidas en la producción y afectando la rentabilidad si no se aplican estrategias de manejo integrado de manera adecuada (Monge-Pérez & Elizondo-Cabalceta, 2021; Corozo-Quiñónez et al., 2024).

4.7 Influencia de las condiciones climáticas

El pimiento es un cultivo muy sensible a lo que pasa a su alrededor, sobre todo a cambios en la temperatura y la humedad, que afectan directamente cómo crece y desarrolla sus frutos. Cuando hace demasiado calor, por ejemplo, las flores pueden abortar y los frutos no llegan a formarse correctamente. En general cualquier condición ambiental extrema dificulta que la planta se desarrolle bien y suele disminuir la productividad del cultivo (Pereyda-González et al., 2022).

4.8 Manejo nutricional inadecuado

Si no se cuida bien la nutrición del pimiento, las plantas pueden presentar problemas de crecimiento y producir menos frutos. Este cultivo necesita recibir la cantidad justa de nutrientes, tanto macro como micronutrientes, en cada etapa de su desarrollo; tanto la falta como el exceso pueden afectar la cantidad y la calidad de los frutos. Además, otros factores como la salinidad del suelo, la calidad del agua de riego y la cantidad de materia orgánica disponible también influyen mucho en cómo la planta toma los nutrientes y en su crecimiento general (Villa-Castorena et al., 2009).

4.9 Elección inadecuada de variedades

Elegir la variedad o híbrido equivocado puede afectar seriamente la productividad del pimiento, sobre todo si la planta no se adapta bien a las condiciones del lugar. Por ejemplo, algunos materiales genéticos que fueron desarrollados para climas templados tienden a rendir menos o a ser más susceptibles a plagas y

enfermedades cuando se cultivan en zonas cálidas o con alta humedad. Además, cada genotipo responde de manera distinta: varía la calidad de los frutos, la tolerancia a factores ambientales y la resistencia a plagas. Por eso es muy importante seleccionar materiales que estén adaptados tanto al sistema de producción como a las condiciones locales, ya que esto aumenta las probabilidades de obtener buenos resultados (Bosland & Votava, 2012; Bozokalfa & Eşiyok, 2009).

4.10 Estrategias a las problemáticas nutricionales, preventivas y genéticas del cultivo de pimiento

4.10.1 Estrategia nutricional

Mantener una adecuada nutrición en el cultivo de pimiento es fundamental para lograr buenos rendimientos y frutos de calidad. Para reducir el riesgo de deficiencias nutrimentales, es recomendable diseñar programas de fertirrigación con base en análisis de suelo, agua y tejido vegetal (Coolong et al., 2019). En este contexto, el nitrógeno y el potasio desempeñan un papel clave en el desarrollo del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.). El nitrógeno favorece el crecimiento vegetativo de la planta, mientras que el potasio contribuye a mejorar la calidad de los frutos y regula diversos procesos fisiológicos, por lo que su manejo adecuado impacta de manera positiva en la producción (Khan et al., 2014).

4.10.2 Estrategias preventivas

Cuidar la salud del pimiento depende de aplicar estrategias de manejo integrado de plagas y enfermedades, que combinen la observación constante de las plantas, buenas prácticas culturales, control biológico y el uso responsable de pesticidas. Acciones como desinfectar el sustrato, mantener una buena ventilación, retirar los restos de plantas y favorecer la presencia de enemigos naturales ayudan a reducir la aparición de plagas y enfermedades (Coolong et al., 2019).

4.10.3 Estrategia genética

Al utilizar variedades mejoradas e híbridos resistentes es una forma efectiva de enfrentar los problemas de plagas, enfermedades y productividad en el cultivo de pimiento. Gracias a los programas de mejoramiento genético, se han desarrollado cultivares que resisten mejor las enfermedades, producen más y se adaptan mejor a condiciones de estrés ambiental. Este tipo de avances ayuda a reducir la dependencia de agroquímicos, mejorar la calidad de los frutos y mantener la producción estable, sobre todo en sistemas intensivos o bajo agricultura protegida (Bosland & Votava, 2012; Naegele et al., 2016).

4.11 Mejoramiento genético de chiles

En México, el mejoramiento genético del chile ha sido impulsado principalmente por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Sus investigaciones se enfocan en crear variedades más productivas, mejor adaptadas a distintas regiones y capaces de tolerar plagas, enfermedades y condiciones ambientales adversas. Estas acciones no solo fortalecen la competitividad del cultivo, sino que también ayudan a proteger y conservar la diversidad genética del género *Capsicum*, teniendo en cuenta que México es su centro de origen y diversificación (SNICS, 2017).

Entre los trabajos más recientes destaca la creación de variedades mejoradas a partir de germoplasma local. Mediante procesos de selección y evaluaciones agronómicas, se han desarrollado materiales más uniformes y con mayor rendimiento. Un ejemplo de esto es la variedad criolla dulce “Dzonot”, obtenida mediante selección masal de recursos regionales, que ha alcanzado rendimientos cercanos a 40.8 t·ha⁻¹ y presenta frutos homogéneos. Esto demuestra su potencial en los sistemas productivos locales y su contribución al fortalecimiento de la agricultura regional (Santamaría-Basulto et al., 2024).

Otra línea importante del mejoramiento se centra en obtener materiales que sean resistentes a enfermedades y adaptables a condiciones específicas de producción.

En este sentido, el INIFAP desarrolló la variedad de chile habanero “Calakmul”, que destaca por su tolerancia a virosis y un rendimiento superior al de variedades comerciales, lo que ayuda a mantener la estabilidad productiva en el sureste del país (INIFAP, 2016).

Además, el instituto trabaja en la conservación y aprovechamiento del germoplasma nativo, investigando chiles silvestres y criollos. Estos estudios analizan la variabilidad genética, la calidad fisiológica de la semilla y las características de los frutos, factores que son clave para la propagación, domesticación y uso de estos materiales dentro de los programas de mejoramiento (Villalón-Mendoza et al., 2013).

4.12 Mejoramiento genético del pimiento

El mejoramiento genético del pimiento morrón se enfoca en el desarrollo de variedades con mayor rendimiento, mejor calidad de fruto y resistencia a factores bióticos y abióticos, mediante la integración de métodos tradicionales y herramientas moleculares modernas (Devi et al., 2021).

Al mismo tiempo, estos programas también trabajan para incorporar resistencia genética frente a enfermedades. La identificación y selección de genotipos con tolerancia a patógenos, como *Phytophthora capsici*, permite reducir pérdidas en la producción y disminuir la dependencia de agroquímicos, contribuyendo a sistemas agrícolas más sostenibles (Villar-Luna et al., 2022).

La gran diversidad genética que existe en *Capsicum annuum* es un recurso clave para el mejoramiento del cultivo. Conocer y caracterizar el germoplasma facilita encontrar materiales que toleren factores bióticos y abióticos y que tengan características agronómicas deseables, lo que ayuda a mantener la estabilidad de la producción en distintos ambientes (Hill et al., 2013).

Por último, la incorporación de herramientas biotecnológicas ha dado un impulso importante a los programas modernos de mejoramiento. Técnicas como el cultivo de tejidos, la micropropagación y la selección asistida por marcadores moleculares permiten acelerar los procesos de selección y obtener plantas más uniformes, productivas y con características superiores (Kothari et al., 2010).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del sitio experimental

El experimento se estableció dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México, durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2025, en condiciones de invernadero. La ubicación geográfica del invernadero corresponde a los 25° 21' 15.52" de latitud norte y 101° 2' 3.54" de longitud oeste, a una altitud aproximadamente de 1,776 metros sobre el nivel del mar.

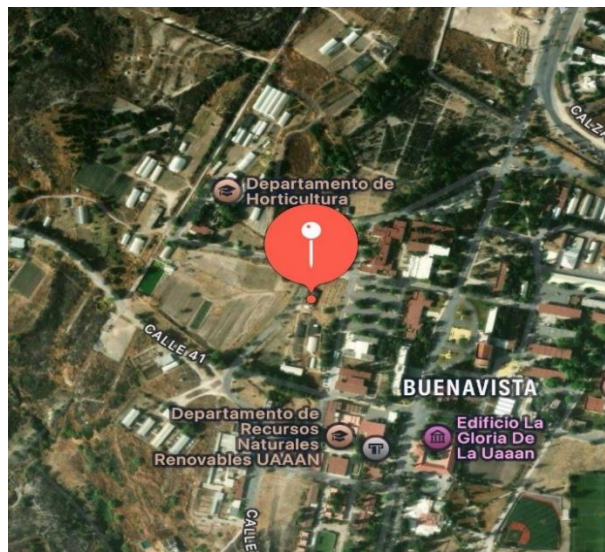


Figura 1. Ubicación invernadero UAAAN Saltillo, Coahuila, México (Google Maps, 2026).

5.2 Material genético

El material genético evaluado correspondió a ocho híbridos experimentales de pimiento (Tabla 1), pertenecientes al Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). La selección de los híbridos se realizó con base en los resultados obtenidos en un ciclo agrícola previo de hibridación, considerando características agronómicas y comerciales de interés, tales como color, forma, tamaño, apariencia y peso del fruto.

Tabla 1. Material genético evaluado correspondió a ocho híbridos experimentales

Híbridos
P0901
P0906
P0909
P0911
P1101
P1106
P1109
P1111

5.3 Diseño de la parcela experimental

El experimento se estableció bajo un diseño y modelo estadístico completamente aleatorio con ocho tratamientos correspondientes y tres repeticiones por cada uno. El ensayo se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero, perteneciente al Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), donde todas las unidades experimentales se manejaron de manera uniforme para reducir la variabilidad ambiental.

5.4 Establecimiento de plántulas

La siembra de las semillas de cada genotipo se llevó a cabo el 30 de enero del 2025, las cuales se sembraron en charolas de polietileno con una capacidad de 200 cavidades. Utilizando una mezcla de sustrato compuesta por 70% de peat moss y 30% de perlita, se sembraron dos semillas por cavidad, las cuales fueron posteriormente cubiertas con una ligera capa del mismo sustrato y por último se colocaron dentro de plástico para mantener la temperatura y humedad para promover la germinación.

5.5 Trasplante

El trasplante se llevó a cabo el 26 de marzo de 2025, a los 55 días posteriores a la siembra. Las plántulas fueron seleccionadas con base en su uniformidad, vigor y adecuado desarrollo morfológico, y posteriormente se establecieron manualmente en macetas de plástico con capacidad de 10 L ubicadas dentro del invernadero. En cada maceta se colocaron dos plantas, procurando mantener condiciones homogéneas para su adecuado establecimiento y crecimiento inicial.

5.6 Riego y Fertilización

El riego se inició inmediatamente después del trasplante, durante la primera semana, las plantas recibieron únicamente agua para favorecer su establecimiento. Posteriormente, se implementó una solución nutritiva basada en la formula Steiner, orientado a favorecer el adecuado crecimiento vegetativo, vigor y potencial productivo del cultivo. El manejo nutricional se ajustó de manera gradual conforme al desarrollo fenológico de las plantas, iniciando con una concentración al 50 %, posteriormente incrementándose al 75 % y finalmente al 100 % de la solución nutritiva establecida (Tabla 2). Durante todo el ciclo de aplicación se mantuvo un pH en un intervalo de 5.9 a 6.1, así como una conductividad eléctrica entre 1.5 y 2.7 dS m⁻¹, valores que fueron regulados de acuerdo con los requerimientos específicos de cada etapa del cultivo.

Tabla 2. Composición Nutricional del Fertirriego en el Cultivo de Pimiento en Condiciones de Invernadero

Macroelementos mEq L ⁻¹										
SN (%)	Cl ⁻	NO ⁻³	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻ y CO ₃ ⁻²	K ⁺¹	Mg ⁺²	Ca ⁺²	NH ₄ ⁺	Na ⁺
50	3.26	6	0.5	3.5	1	3.5	2	5.5	1	3
75	3.26	8.6	0.75	5.25	1	5.25	3	8.25	1.5	3
100	3.26	12	1	7	1	7	4	11	2	3
Microelementos ppm										
SN (%)	Fe ⁺³	Mn ⁺²	H ₃ BO ₃	Zn ⁺²	Cu ⁺²	MoO ₄ ⁻²	CE dS/m	pH		

50	1.5	0.74	0.14	0.12	0.06	0.04	1.5	5.9-6.1
75	2.25	1.1	0.21	0.18	0.09	0.06	2.1	5.9-6.2
100	3	1.48	0.28	0.24	0.12	0.08	2.7	5.9-6.3

5.7 Tareas culturales

1. Remoción de las flores iniciales: Se quitaron las primeras flores que han surgido en la primera bifurcación, con el objetivo de promover el crecimiento de la planta y mejorar el equilibrio entre lo que se necesita y lo que se produce de acuerdo a la etapa vegetativa y reproductiva.
2. Tutoreo: Dado que las plantas de pimiento crecen de forma indeterminada, se les da soporte con dos tallos de cada una. Cada tallo se colocó en posición vertical con forma de “V” utilizando rafia agrícola, la cual se sujeta a la estructura del invernadero.
3. Deshoje y recorte de ramas laterales: Se quitaron las hojas de abajo para permitir la circulación de aire y la entrada de luz. Durante el recorte, se remueven los brotes secundarios o axilares que compiten con los tallos principales que producen.
4. Aplicación de plaguicidas: Con el propósito de reducir el riesgo de incidencia de plagas y patógenos, se realizaron tratamientos fitosanitarios preventivos mediante el uso de productos específicos (Tabla 3). La selección de los insumos se realizó con base en el monitoreo visual del cultivo y las condiciones ambientales prevalecientes.

Tabla 3. Productos utilizados en el manejo fitosanitario del cultivo de pimiento

Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo químico	Dosis (mL L ⁻¹)	Plaga
Ridomil Gold	Metalaxil o Metalaxil-M (Mefenoxam)	Fenilamidas	0.2–0.4	Oomicetos (<i>Phytophthora</i> , <i>Pythium</i>)
Toreto	Imidacloprid	Neonicotinoide	0.5	Mosca blanca, pulgón
Sivanto	Flupyradifurone	Butenólicos	0.5	Mosca blanca, pulgones, trips

Sunfire	Clorpirifos*	Organofosforado	0.4	Gusanos/orugas
Oberon	Spiromesifen	Derivado del ácido tetramico	0.4	Ácaros y mosca blanca
Muralla	Imidacloprid + Beta-ciflutrina	Neonicotinoide + Piretroide	0.5	Mosca blanca, pulgones, trips y picudo
Belt	Flubendiamida	Diamidas	0.3	Gusanos (Lepidópteros)
New Leverage	Imidacloprid + Beta-ciflutrina	Neonicotinoide + Piretroide	0.5	Insectos chupadores
Avamectina	Abamectina	Avermectinas	0.5	Trips y ácaros
Coragen	Clorantraniliprol	Diamidas antranílicas	0.2	Minador y lepidópteros
Akaris Dragón	Abamectina*	Avermectinas	1.5	Ácaros

5.8 Cosecha

Cuando los primeros frutos presentaran un alto porcentaje de coloración rojiza se realizó la primera cosecha (Tabla 4), se recolectaron todos los frutos, diferenciando cada genotipo en rejas diferentes. Este cultivo tuvo tres cosechas para las evaluaciones.

Tabla 4. Cosechas realizadas en los ocho genotipos evaluados

Cosecha	Fecha de cosecha
1	9 de julio de 2025
2	25 de julio de 2025
3	13 de septiembre de 2025

5.9 Variables evaluadas

1. Rendimiento (g planta⁻¹): Se cuantificó registrando el peso total de los frutos producidos por cada planta durante el periodo de cosecha, empleando una balanza digital de precisión Select Shop®.
2. Número de frutos por planta: Se registro mediante el conteo manual visual del total de frutos recolectados por cada planta evaluada.

3. Peso promedio del fruto: Se obtuvo al dividir el peso total de frutos entre el número de frutos obtenidos por planta.
4. Diámetro polar: Se registró midiendo la distancia desde la inserción del pedúnculo hasta el extremo apical del fruto, utilizando un vernier digital marca Truper®. Los valores obtenidos se registraron en milímetros (mm).
5. Diámetro ecuatorial: Se obtuvo midiendo el ancho del fruto en su sección media con ayuda de un vernier digital Truper®. Los valores obtenidos se registraron en milímetros (mm).
6. Número de lóculos: Se determinó realizando un corte transversal del fruto y contabilizando las cavidades internas presentes.
7. Grosor del mesocarpio: Se evaluó midiendo el espesor de la pared carnosa del fruto en la zona media mediante un vernier digital Truper®. Los valores obtenidos se registraron en milímetros (mm).
8. Sólidos solubles Totales (°Brix): Se determinaron extrayendo el jugo del fruto y registrando el contenido de sólidos solubles con un refractómetro digital en porcentaje de grados brix.
9. Rendimiento calculado ($t\ ha^{-1}$): El rendimiento por hectárea se estimó a partir del rendimiento en kilogramos de fruto por planta y la densidad de población establecida en el cultivo de acuerdo a la experimentación. Para ello, el peso medio obtenido por planta se multiplicó por el número de plantas por hectárea, expresando el resultado en toneladas por hectárea.
10. Diámetro del tallo: El grosor del tallo se evaluó con un vernier digital, realizando la medición en el tallo principal a aproximadamente 2–3 cm por encima del nivel del sustrato. Los valores obtenidos se registraron en milímetros (mm).
11. Altura de la planta: La altura se midió con una regla graduada desde la base del tallo, a nivel del sustrato, hasta el punto más alto de crecimiento de la planta. Los datos se expresaron en centímetros (cm).

5.10 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño y modelo estadístico completamente aleatorio con ocho híbridos experimentales de pimiento con tres repeticiones cada uno, con la finalidad de detectar diferencias significativas entre híbridos. Los datos se analizaron con el software Infostat 2022, utilizando la prueba de medias Duncan con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Esto se realizó un análisis de varianza con el modelo lineal generalizado, representado por la siguiente ecuación del modelo completamente al azar:

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

Donde:

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

μ = efecto de la media general.

T_i = efecto del *j-ésimo* tratamiento.

ε_{ij} = efecto del error experimental.

6. RESULTADOS y DISCUSIÓN

6.1 Rendimiento (g planta⁻¹)

A través del análisis de varianza ($p \leq 0.05$) se pudieron apreciar diferencias significativas con respecto al rendimiento gramos por planta (Figura 2). Donde se puede observar que los genotipos P1101, P0906 y P1106 presentaron los mayores rendimientos, con 1741.67, 1716.67 y 1703.33 gramos, el híbrido P0909 presentó el rendimiento más bajo con 1027.33 g, el resto de los híbridos se mantuvieron intermedios. Las diferencias apreciadas en el rendimiento por planta están asociadas principalmente al vigor híbrido y al tamaño del fruto y la interacción genotipo ambiente según lo indicado por Moreno-Pérez et al. (2011).

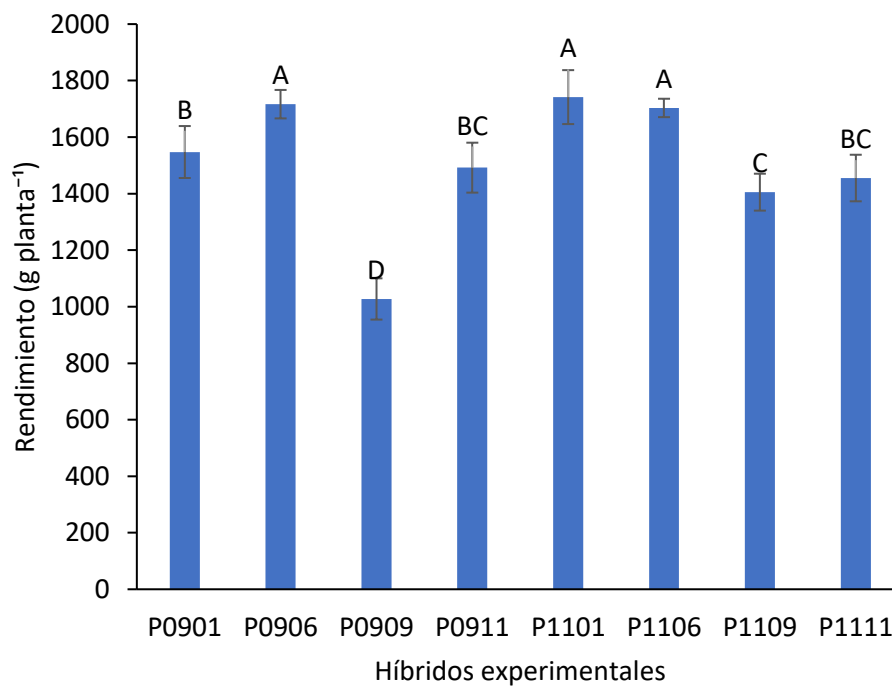


Figura 2. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de rendimiento en gramos por planta, de ocho híbridos experimentales de pimienta morrón, evaluadas en invernadero.

6.2 Número de frutos por planta

Conforme al análisis de varianza ($p \leq 0.05$), apreciamos que existen diferencias significativas en el número de frutos por planta, como se muestra en la Figura 3. Donde se muestra que excepción del híbrido P0909 con 8.33 frutos, los genotipos mantuvieron frutos cosechados superiores a diez pero superiores al antes citados. La cantidad de frutos por planta presenta variación significativa entre genotipos y esto está relacionado con características morfoagronómicas como el vigor, la arquitectura vegetal y la eficiencia fisiológica, factores que afectan directamente en la formación y retención de frutos según lo mencionado por Khokhar et al. (2022).

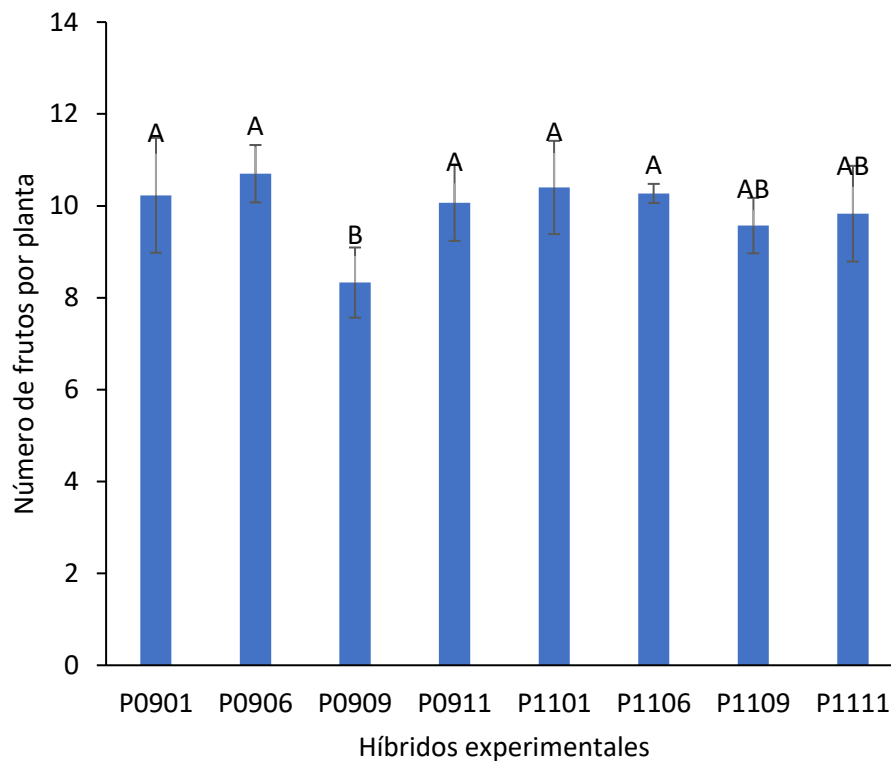


Figura 3. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de número de frutos por planta, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.

6.3 Peso promedio del fruto (g)

De acuerdo con el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), se detectaron diferencias significativas entre el peso promedio del fruto (Figura 4). En donde muestra que el genotipo P1101 presentó el mayor peso promedio con 168.47 gramos, seguido de P0906, P0901 y P1106, El genotipo P0909 registró la menor media con 123.45 gramos, el resto de los híbridos se mantuvieron intermedios. Estas variaciones pueden atribuirse a diferencias en la capacidad genética de cada material para acumular fotoasimilados en el fruto, así como a características morfológicas como el grosor del pericarpio y el tamaño del fruto, factores que determinan el peso final del mismo (Elizondo-Cabalceta & Monge-Pérez, 2017).

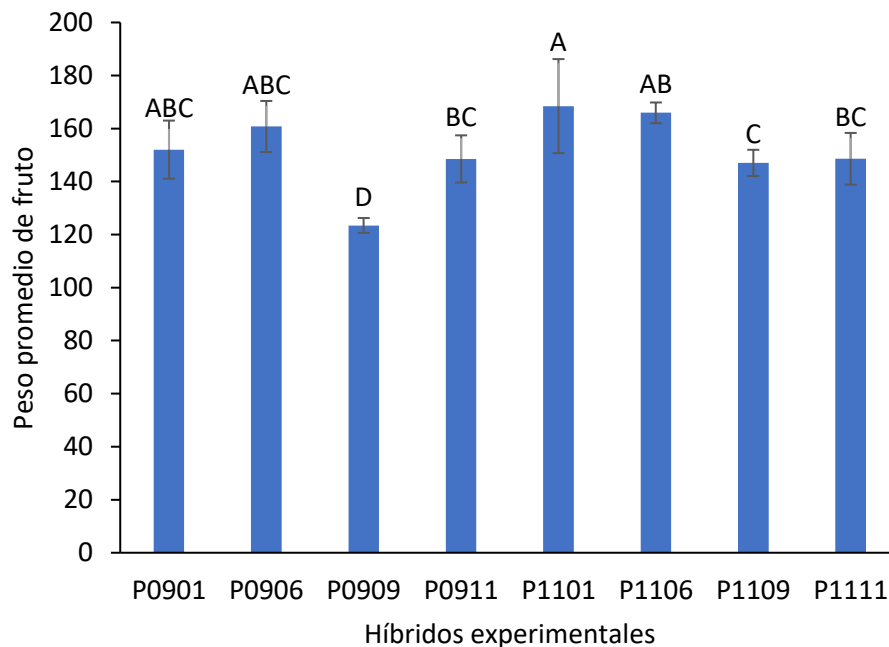


Figura 4. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable Peso Promedio de Fruto, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.

6.4 Diámetro polar de fruto

En el análisis de varianza realizado para la variable de diámetro polar evaluados ($p \leq 0.05$) se encontraron diferencias significativas entre los genotipos evaluados, (Figura 5). El genotipo P1101 presentó la media superior con 81.63 mm, mientras que P0909 registró el menor valor con 66.20 mm y diferente al resto del grupo estadístico, por otra parte, los genotipos P1109, P1106, P1111, P0911, P0906 y P0901 mostraron valores intermedios con longitudes entre 70.10 y 76.29 mm. Diversos estudios han señalado que el diámetro polar del fruto es una de las variables morfológicas más utilizadas para caracterizar genotipos de pimiento debido a su relación directa con el tamaño y la calidad comercial del fruto. En evaluaciones de diferentes cultivares de *Capsicum*, se ha reportado una amplia variabilidad en la longitud del fruto, lo que refleja la diversidad genética existente entre los materiales evaluados y su influencia en las características morfológicas del fruto (Li et al., 2022).

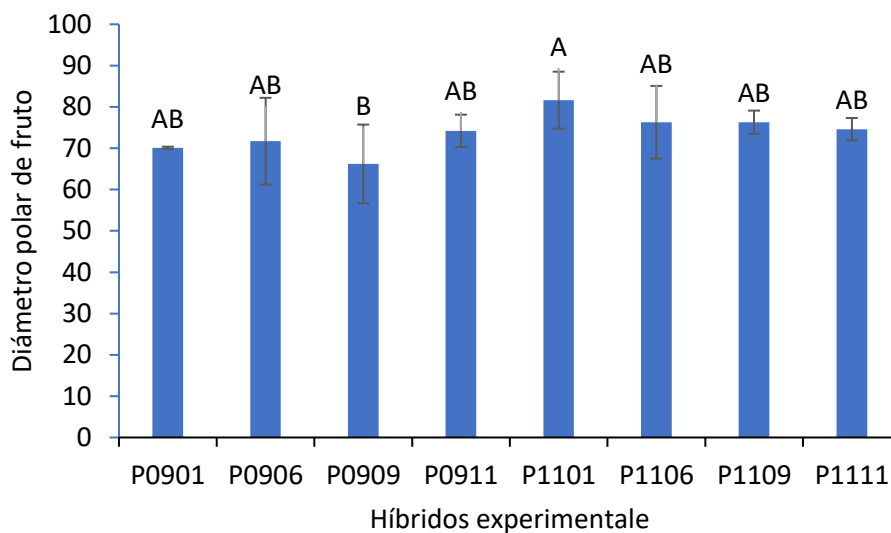


Figura 5. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable diámetro polar de fruto, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.

6.5 Diámetro ecuatorial de fruto

Con el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos evaluados para la variable diámetro ecuatorial del fruto (Figura 6). La comparación de medias indicó que todos los genotipos se agruparon en una sola categoría estadística con el grupo A. Los valores variaron entre 83.52 mm y 78.00 mm de diámetro. Investigaciones en *Capsicum annuum* han demostrado la existencia de variabilidad genética en características morfológicas del fruto, como longitud, diámetro y peso, entre diferentes genotipos. Sin embargo, cuando los materiales pertenecen a un mismo tipo comercial, estas características tienden a presentar mayor uniformidad debido a los procesos de selección en los programas de mejoramiento genético (Jaiswal et al., 2021).

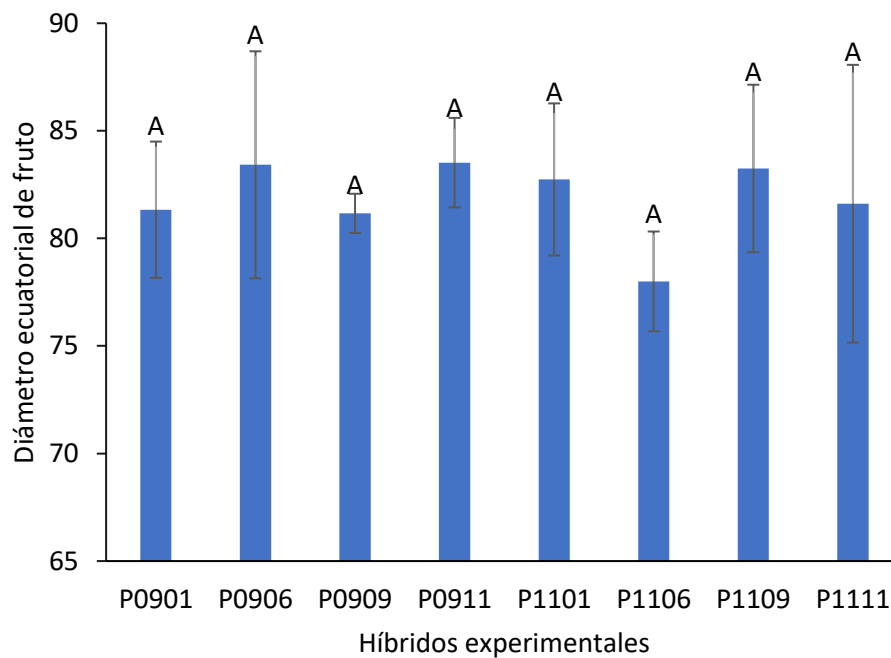


Figura 6. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable diámetro ecuatorial de fruto, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.

6.6 Número de lóculos

El análisis de varianza ($p \leq 0.05$) indicó que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos evaluados para la variable número de lóculos (Figura 7). La prueba de comparación de medias de Duncan mostró que todos los genotipos se ubicaron dentro del mismo grupo estadístico A. Los genotipos mostraron valores que variaron de 4.33 a 4.00 lóculos por fruto que son los preferidos del mercado. Los híbridos evaluados en este estudio podría indicar que los materiales comparten una base genética similar para este rasgo o que han sido seleccionados previamente para mantener una estructura interna uniforme del fruto. Desde el punto de vista agronómico puedes ser favorable, ya que contribuye a a obtener frutos más homogéneos y facilita su comercialización. De manera similar, estudios en la caracterización morfológica de *Capsicum* han reportado resultados similares, donde el número de lóculos presenta menor variabilidad entre genotipos en comparación con otros atributos del fruto (Bosland & Votava, 2012; Li et al., 2022).

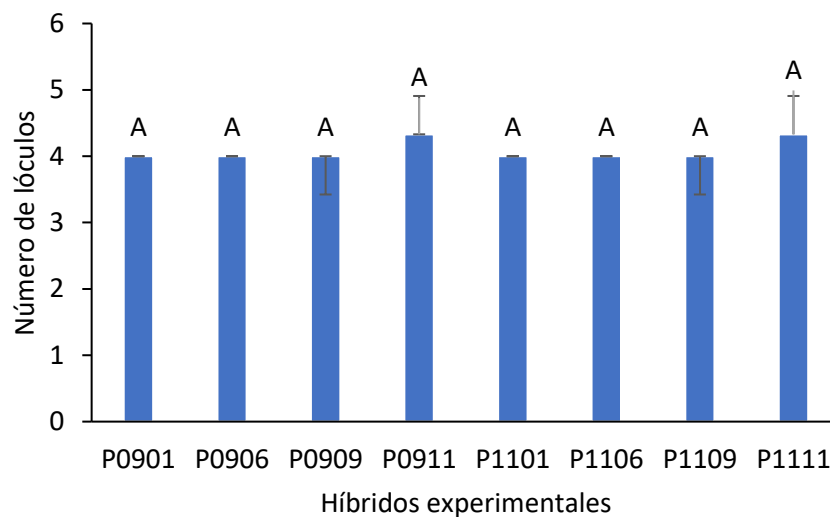


Figura 7. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable número de lóculos, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.

6.7 Grosor del mesocarpio

Conforme al análisis de varianza ($p \leq 0.05$) mostró que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos evaluados para el grosor del mesocarpio (Figura 8). De acuerdo con la prueba de medias Duncan, todos los genotipos se agruparon en una misma categoría estadística, sin embargo, los valores variaron entre 7.50 a 6.69 mm. El grosor del mesocarpio se relaciona con la calidad del fruto, ya que paredes más gruesas tienden a presentar mayor firmeza, mayor peso y mejor aceptación en el mercado (Sobczak et al., 2024). Asimismo, el grosor del pericarpio tiene una heredabilidad alta, lo que implica que esta característica puede mantenerse relativamente estable entre materiales que comparten antecedentes genéticos similares (Hill et al., 2013).

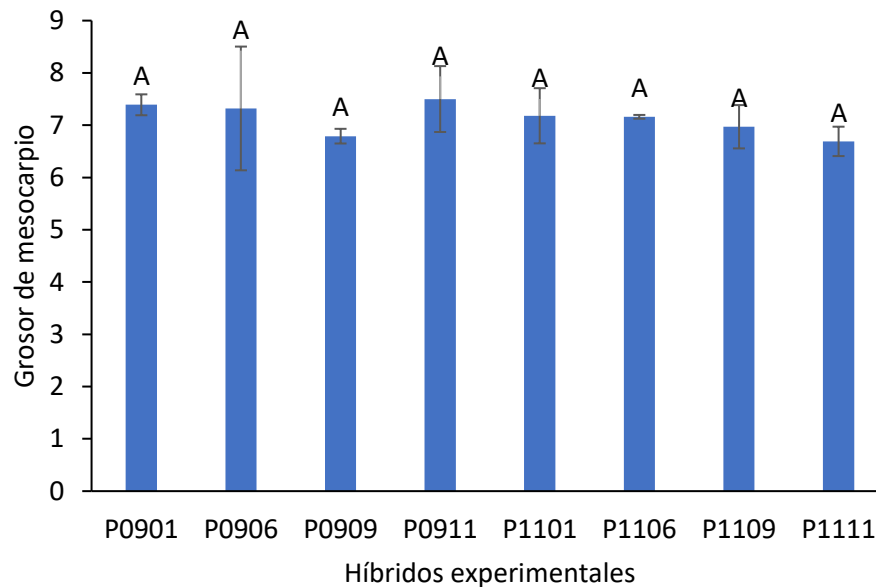


Figura 8. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de grosor de mesocarpio, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.

6.8 Sólidos solubles totales (°Brix)

El análisis de varianza ($p \leq 0.05$) mostró diferencias estadísticas significativas entre los genotipos evaluados para el contenido de sólidos solubles totales (Figura 9). De acuerdo con la comparación de medias el genotipo P1106 presentó el valor más alto con 8.90 °Brix seguido de los genotipos P1101, P1109, P1111 y P0909, el genotipo P0901 presentó el valor significativamente más bajo con 5.73 °Brix, el resto de los híbridos se mantuvieron intermedios. Los SST es un indicador importante de calidad interna del fruto, ya que los azúcares solubles pueden constituir hasta el 90 % de los sólidos disueltos presentes en el fruto (Cortés-Estrada et al., 2020). El contenido de °Brix puede variar entre genotipos debido a diferencias en la acumulación de compuestos solubles relacionados con el sabor y otros atributos químicos del fruto (Rathnayaka et al., 2021).

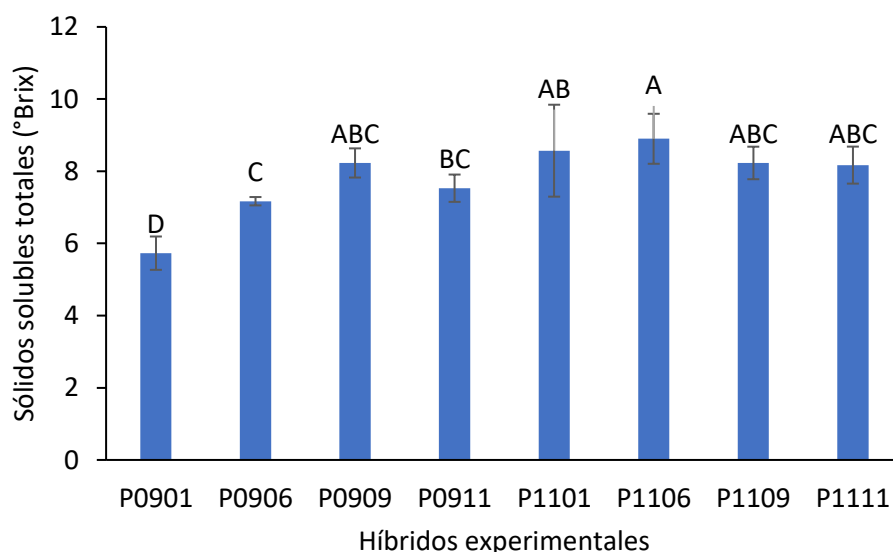


Figura 9. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de sólidos solubles totales, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.

6.9 Rendimiento calculado (t ha^{-1})

El análisis de varianza ($p \leq 0.05$) mostró diferencias estadísticas significativas entre los genotipos evaluados para el rendimiento calculado en toneladas por hectárea. (Figura 10). La comparación de medias mostró que los genotipos P1101, P0906 y P1106 fueron los más sobresaliente con 55.73, 54.93 y 54.51 t ha^{-1} , por su parte los genotipos P0901, P0911, P1111 y P1109 registraron un rendimiento intermedio, con un promedio de 49.51-44.97 t ha^{-1} . Por su parte el genotipo P0909 mostró el rendimiento significativamente más bajo con 32.87 t ha^{-1} . La variabilidad de los genotipos muestra comportamientos productivos contrastantes dependiendo de sus características fisiológicas y su adaptación a las condiciones particulares de cultivo (López-Aguirre et al., 2020). Diversos factores agronómicos influyen en el rendimiento entre los que destacan la densidad de siembra, la fertilización, la disponibilidad hídrica y las condiciones ambientales durante el desarrollo del cultivo (Leguizamón-Resquín et al., 2023).

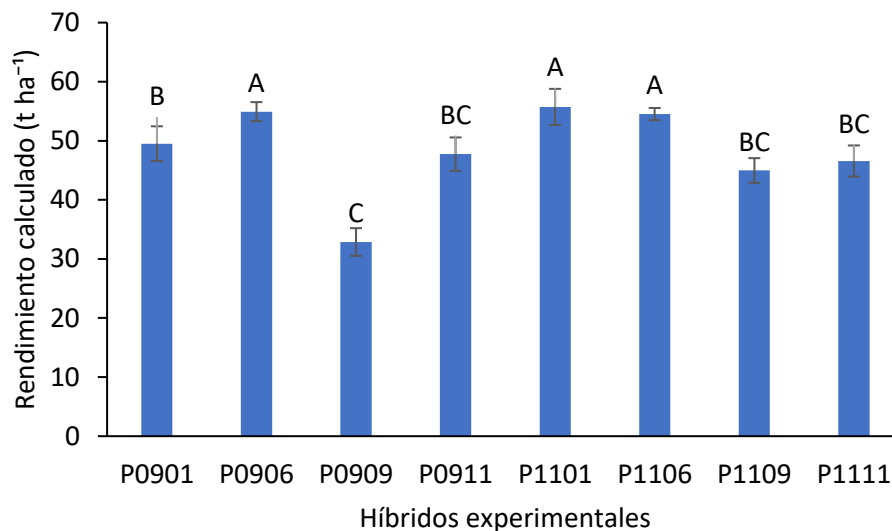


Figura 10. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de rendimiento calculado en toneladas por hectárea, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluados en invernadero.

6.10 Diámetro de tallo

El análisis de varianza ($p \leq 0.05$) mostró diferencias estadísticas significativas entre los genotipos evaluados para el diámetro del tallo (Figura 11). De acuerdo con la comparación de medias de Duncan permitió identificar que los genotipos P0901 y P1101 se ubicaron en el grupo superior con un diámetro de 15.13 y 14.75 mm, por otra parte, los genotipos P1106, P1109, P0906 y P0911 mostrando valores intermedios con 11.51-10.67 mm, los genotipos P1111 y P0909 mostraron los valores significativamente más bajos con 9.46 y 8.49 mm. El diámetro de tallo está relacionado con la capacidad estructural de la planta y con la eficiencia del transporte de agua, nutrientes y fotoasimilados hacia los órganos de crecimiento y reproducción (Taiz et al., 2015). Alteraciones genéticas en plantas de pimiento pueden modificar significativamente el desarrollo del tallo y otras variables morfológicas, lo que demuestra que el diámetro y crecimiento del tallo están altamente influenciados por el genotipo de la planta (Pápai et al., 2023).

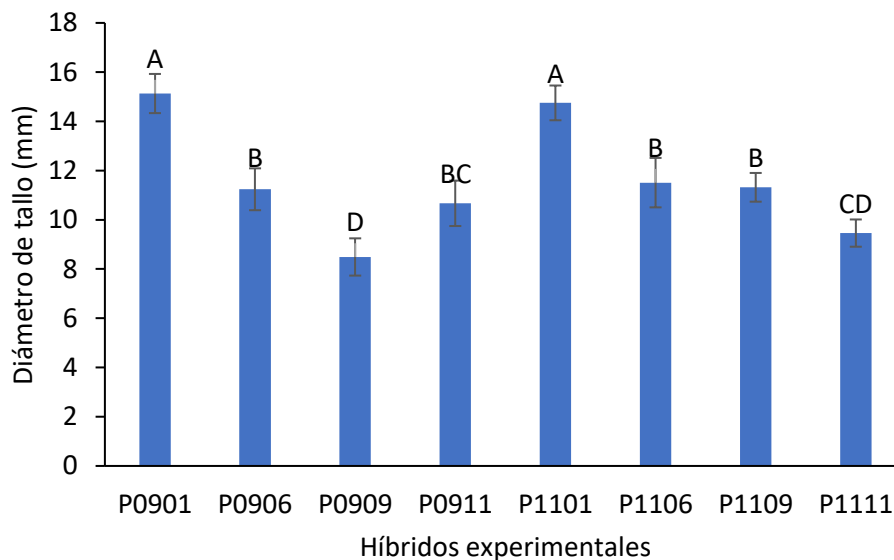


Figura 11. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de diámetro de tallo, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.

6.11 Altura de planta

El análisis de varianza ($p \leq 0.05$) mostró diferencias estadísticas significativas entre los genotipos evaluados para la altura de planta (Figura 12). Con la comparación de medias permitió identificar que el genotipo P1106 presentó la mayor altura promedio con 120.83 cm, seguido por el genotipo P1101 con 106.75 cm, mientras que P0906, P0911, P1109, P1111 y P0901 mostraron una altura intermedia con un rango promedio de 103.33 - 95.00 cm, por su parte, P0909 presentó la menor altura con 63.17 cm. La altura de planta está asociada con la capacidad fotosintética, el desarrollo de ramas y el potencial productivo del cultivo, ya que el crecimiento vegetativo influye en la formación del dosel vegetal y en la capacidad de la planta para interceptar la radiación solar necesaria para la producción de biomasa y frutos (Bosland & Votava, 2012).

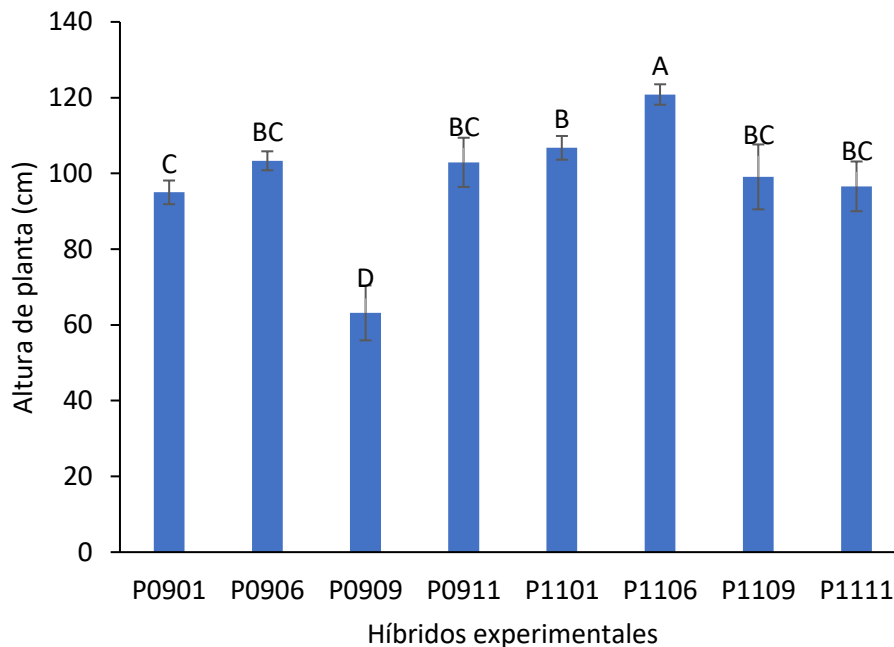


Figura 12. Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de altura de planta, para los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón, evaluadas en invernadero.

7. CONCLUSIÓN

Las diferencias encontradas en la respuesta de los híbridos experimentales se atribuyen a su adaptación particular al ambiente de Saltillo, Coahuila, y a la combinación híbrida de los parentales utilizados. Estas variaciones permitieron identificar híbridos con mayor potencial en términos de rendimiento, tamaño de fruto y calidad interna favorable. Los resultados obtenidos proporcionan información relevante para el desarrollo de híbridos productivos y calidad para el mercado actual.

En la evolución del rendimiento, los híbridos P1101, P0906 y P1106 fueron los más sobresalientes para peso promedio del fruto como en rendimiento calculado en toneladas por hectárea, por otra parte, el número de frutos por planta destacaron los híbridos P0906, P1101, P1106, P0901 y P0911. En cuanto la calidad del fruto, las variables como diámetro del fruto, número de lóculos y grosor del mesocarpio mostraron un comportamiento uniforme, por otra parte, en la longitud del fruto el híbrido sobresaliente fue P1101 y en el contenido de sólidos solubles totales el que destacó fue el híbrido P1106. Respecto a la morfología, los híbridos P0901 y P1101 fueron los más sobresalientes en diámetro del tallo y en la altura de planta destacó el híbrido P1106.

8. LITERATURA CITADA

- Aguilar-Meléndez, A., Morrell, P. L., Roose, M. L., & Kim, S. C. (2009). Genetic diversity and structure in semiwild and domesticated chiles (*Capsicum annuum*; *Solanaceae*) from Mexico. *American Journal of Botany*, 96(6), 1190–1202. <https://doi.org/10.3732/ajb.0800155>
- Bosland, P. W., & Votava, E. J. (2012). *Peppers: Vegetable and spice Capsicum* (2nd ed.). CABI Publishing.
- Bozokalfa, M. K., Eşiyok, D., & Turhan, K. (2009). Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of pepper (*Capsicum annuum* L.) from Turkey. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7(1), 83–95. <https://sjar.revistas.csic.es/index.php/sjar/article/view/401>
- Contreras-Toledo, A. R., López Sánchez, H., Santacruz Varela, A., Valadez Moctezuma, E., Aguilar Rincón, V. H., Corona Torres, T., & López, P. A. (2011). Diversidad genética en México de variedades nativas de chile poblano mediante microsatélites. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(4), 225–232.
- Coolong, T., Ribeiro da Silva, A. L. B., & Shealey, J. (2019). Fertilizer program impacts yield and blossom end rot in bell pepper. *HortTechnology*, 29(2), 163–169. <https://journals.ashs.org/view/journals/horttech/29/2/article-p163.xml>
- Corozo-Quiñónez, L., Chirinos, D. T., Saltos-Rezabala, L., & Monteros-Altamirano, A. (2024). Can *Capsicum* spp. genotypes resist simultaneous damage by both *Phytophthora capsici* and *Bemisia tabaci*? Can natural enemies of *Bemisia* complement plant resistance? *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 1275953. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1275953>
- Cortés-Estrada, C. E., Gallardo-Velázquez, T., Osorio-Revilla, G., Castañeda-Pérez, E., Meza-Márquez, O. G., López-Cortez, M. S., & Hernández-Martínez, D. M. (2020). Prediction of total phenolics, ascorbic acid, antioxidant capacities, and total soluble solids of *Capsicum annuum* L. (bell

- pepper) juice by FT-MIR and multivariate analysis. *LWT – Food Science and Technology*, 126, 109285. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109285>
- Devi, J., Sagar, V., Kaswan, V., Ranjan, J. K., Kumar, R., Mishra, G. P., ... Verma, R. K. (2021). Advances in breeding strategies of bell pepper (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* Sendt.). In *Advances in plant breeding strategies: Vegetable crops: Volume 9: Fruits and young shoots* (pp. 3–58). Cham: Springer International Publishing.
- 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://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/3194
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). *FAOSTAT statistical database*. <https://www.fao.org/faostat>
- Google. (2026). *Google Maps* [Mapa]. <https://www.google.com/maps>
- Halshoy, H. S., & Sadik, S. K. (2025). Impact of training methods and biostimulant applications on sweet pepper (*Capsicum annuum*) yield and nutritional values under greenhouse condition. *Horticultural Plant Journal*, 11(1), 290–302. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2023.06.008>
- Hill, T. A., Ashrafi, H., Reyes-Chin-Wo, S., Yao, J., Stoffel, K., Truco, M. J., Kozik, A., Micheltore, R. W., & Van Deynze, A. (2013). Characterization of *Capsicum annuum* genetic diversity and population structure. *PLOS ONE*, 8(2), e56200. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056200>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2016). *Calakmul: Variedad de chile habanero para la Península de Yucatán*. INIFAP.
- Jaiswal, V., Gahlaut, V., Kumar, N., & Ramchiary, N. (2021). Genética, genómica y mejoramiento del chile *Capsicum frutescens* L. y otras especies de *Capsicum*. In *Avances en estrategias de mejoramiento vegetal: Cultivos hortícolas: Volumen 9: Frutos y brotes jóvenes* (pp. 59–86). Cham: Springer International Publishing.
- Khan, A., Shah, S. N. M., Rab, A., Sajid, M., Ali, K., Ahmed, A., & Faisal, S. (2014). Influence of nitrogen and potassium levels on growth and yield of chillies

- (*Capsicum annuum* L.). *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 3(3), 260–264.
- Khokhar, E. S., Lozada, D. N., Nankar, A. N., Hernandez, S., Coon, D., Kaur, N., & Nourbakhsh, S. S. (2022). High-throughput characterization of fruit phenotypic diversity among new Mexican chile pepper (*Capsicum* spp.) using the Tomato Analyzer software. *HortScience*, 57(12), 1507–1517. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16815-22>
- Kothari, S. L., Joshi, A., Kachhwaha, S., & Ochoa-Alejo, N. (2010). Chilli peppers: A review on tissue culture and transgenesis. *Biotechnology Advances*, 28(1), 35–48. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.08.005>
- Kraft, K. H., Brown, C. H., Nabhan, G. P., Luedeling, E., Ruiz, J. J., d'Eeckenbrugge, G. C., Hijmans, R. J., & Gepts, P. (2014). Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper (*Capsicum annuum*) in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(17), 6165–6170. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308933111>
- Leguizamón-Resquín, A., Ocampos-Areco, H. R., Sánchez-Jara, R., Sánchez-González, M. A., & Chávez, S. (2023). Producción de pimienta (*Capsicum annuum* L.) en respuesta a la fertilización potásica y densidad de siembra. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 1320–1335.
- Li, P., Zhang, X., Liu, Y., Xie, Z., Zhang, R., Zhao, K., Lv, J., Wen, J., & Deng, M. (2022). Characterization of 75 cultivars of four *Capsicum* species. *Applied Sciences*, 12(12), 6292. <https://doi.org/10.3390/app12126292>
- López-Aguirre, S., García-Hernández, S. A., Marín-Sánchez, J., Romero-Méndez, M., & Hernández-Pérez, C. (2020). Respuesta productiva y de calidad de variedades de pimienta morrón (*Capsicum annuum* L.). *Revista Bio Ciencias*, 7, e743. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e743>
- Monge-Pérez, J. E., & Elizondo-Cabalceta, E. (2021). *Manejo integrado de plagas en pimienta (Capsicum annuum) cultivado bajo invernadero: una experiencia*. Universidad de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/10669/83399>

- Moreno-Pérez, E. D. C., Mora-Aguilar, R., Sánchez-Del Castillo, F., & García-Pérez, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(2), 5–18.
- Nankolongo, N. M., Yllano, O. B., Arce, L. D., Vegafria, N. J. V., Evangelista, E. A., Esplana, F. A., ... & Tubilag, E. E. (2023). Genetics and genomics of *Capsicum*: Valuable resources for *Capsicum* development. In *Capsicum-Current Trends and Perspectives*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.110407>
- Pápai, B., Kovács, Z., Tóth-Lencsés, KA, Bedő, J., Csilléry, G., Veres, A. y Szőke, A. (2023). Evaluación del crecimiento anormal del hipocótilo de plantas mutantes de *Capsicum annuum*. *Agricultura*, 13 (2), 481. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020481>
- Pereyda-González, J. M., De la Peña, C., Tezara, W., Zamora-Bustillos, R., Andueza-Noh, R. H., Noh-Kú, J. G., Carrera-Marín, M., & Garruña, R. (2022). Las altas temperaturas y el CO₂ elevado modifican la fenología y el crecimiento de las plantas de pimiento. *Agronomy*, 12(8), 1836. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081836>
- Rathnayaka, R. M. S. M. B., Kobayashi, M., Minami, M., Nemoto, K., & Matsushima, K. (2021). Relationship between the soluble solids metric Brix and other traits in *Capsicum* peppers. *Bulletin of Shinshu University*, 19, 55–69.
- Santamaría-Basulto, F., Basto-Pool, C. I., Díaz-Plaza, R., & Zavala-León, M. J. (2024). Dzonot: variedad de chile dulce criollo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(7), e3445. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i7.3445>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2017). *Planeación agrícola nacional 2017–2030*. Gobierno de México <https://www.gob.mx>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). *Anuario estadístico*. <https://www.gob.mx/siap>
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). (2017). Chile (*Capsicum* spp.). <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/chile-capsicum-spp>

- Sobczak, A., Pióro-Jabrucka, E., Przybył, J. L., Sieczko, L., Kalisz, S., & Gajc-Wolska, J. (2024). Effect of foliar application of calcium and salicylic acid on fruit quality and antioxidant capacity of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in hydroponic cultivation. *Agriculture*, 15(1), 26. <https://doi.org/10.3390/agriculture15010026>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Villa-Castorena, M., Catalán-Valencia, E. A., Insunza-Ibarra, M. A., Román-López, A., González-López, M. de L., & Valdez-Amaya, J. (2009). Cultivares y nutrición de chile pimiento (*Capsicum annuum* L.) en invernadero de clima controlado. *Biotecnia*, 11(2), 13–20. <https://doi.org/10.18633/bt.v11i2.59>
- Villalón Mendoza, H., Medina Martínez, T., & Ramírez Meráz, M. (2018). Factores de calidad de la semilla de chile silvestre (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(17), 182–187. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v4i17.431>
- Villar-Luna, H., Corona-Torres, T., Castillo-González, F., Gómez-Rodríguez, O., Segura-León, O., & Aguilar-Rincón, V. H. (2022). Genética de la resistencia a *Phytophthora capsici* de la línea de chile 41-1 (*Capsicum annuum*). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(2), 211–217. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.2.211>