

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



Desempeño agronómico de híbridos experimentales de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) bajo invernadero en Saltillo, Coahuila.

Por:

JAVIER ARIEL PEREZ OZUNA

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

Desempeño agronómico de híbridos experimentales de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) bajo invernadero en Saltillo, Coahuila.

Por:

JAVIER ARIEL PEREZ OZUNA

TESIS

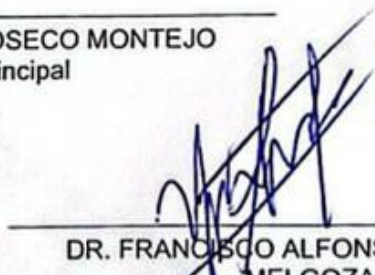
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité Asesor:


DR. NEYMAR CAMPOSECO MONTEJO
Asesor Principal


DR. ANTONIO FLORES NAVEDA
Coasesor


DR. FRANCISCO ALFONSO GORDILLO
MELGOZA
Coasesor


DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Marzo 2026

DERECHOS DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Reconozco que los derechos morales de esta obra me corresponden como autor y está protegida conforme a lo establecido en la Ley Federal del Derecho de Autor. Declaro que el presente trabajo de tesis es original y de mi autoría, manifiesto que la información, datos y resultados aquí contenidos son producto de mi investigación salvo aquellas ideas, datos, textos, figuras y demás materiales provenientes de otras fuentes, han sido debidamente citadas y referenciadas conforme a las normas correspondientes respetando en todo momento los derechos de autor de terceros. Asimismo, declaro bajo protesta de decir verdad que no he incurrido en plagio en los siguientes aspectos: reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente y/o autor original (copiar y pega), reproducir textos propio anteriormente publicado sin hacer referencia al documento original (auto plagio), utilizar ideas, razonamientos, imágenes, ilustraciones, graficas o mapas de un autor sin citarlo, omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas, robar, en otros casos comprar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarlas como propia. Así mismo entendiendo que cualquier uso particular de esta información con la finalidad de apropiarse, modificar, editar o realizar ediciones, serán castigados por el propietario de los Derechos de Autor de acuerdo con lo establecido en los Estados Unidos Mexicanos.

Por lo mencionado anteriormente, asumimos la responsabilidad por cualquier consecuencia derivada de la existencia de algún tipo de plagio. Asimismo, declaramos que este trabajo no ha sido presentado previamente en ninguna otra institución educativa, organización o medio, ya sea público o privado.



Javier Ariel Pérez Ozuna

AGRADECIMIENTO

Le agradezco de todo corazón a **Dios**, por tu amor, tu bondad, por haberme dado fuerzas y el valor para culminar esta etapa tan importante de mi vida. Te doy infinitamente gracias por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, hoy me permites sonreír ante este gran logro que es el resultado de tu ayuda, por ser mi fortaleza en mis momentos débiles, por haberme brindado una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo de felicidad.

A mi "**Alma Terra Mater**" la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme sus puertas a esta prestigiosa y noble institución, dándome la oportunidad de concluir mis estudios, por ser la base fundamental en mi formación profesional y académica, permitiéndome cumplir una etapa más en mi vida y brindarme las herramientas necesarias para enfrentar la vida laboral y social.

Al **Dr. Neymar Camposeco Montejo** le agradezco enormemente por su dedicación y paciencia, sin duda sus palabras, sus consejos, su orientación y sus valiosas enseñanzas, me permitieron llegar hasta este momento tan anhelado en mi vida. Gracias por guiarme en todo momento, el aprendizaje lo llevaré grabado para siempre en mi memoria y en mi vida profesional.

Al **C. Lorenzo Villa Sandoval** le quiero expresar mi más sincero agradecimiento por el apoyo y la ayuda que me brindo durante el desarrollo de mi tesis. Su disposición, conocimientos y colaboración fueron fundamentales para llevar a cabo este trabajo. Le agradezco profundamente por su tiempo, orientación y compromiso, los cuales contribuyeron mucho a la realización de este proyecto.

A la **M. Ed. Sara Minerva García Escudé**, mi tutora, le agradezco por haber estado presente a lo largo de mis cuatro años de formación universitaria, brindándome su apoyo, conocimientos y orientación en cada etapa de este proceso. Gracias por su paciencia, dedicación y por motivarme siempre a seguir aprendiendo y superándome.

Al **C. Wanerge Fernández**, le agradezco infinitamente por toda su ayuda y sobre todo por su apoyo cuando más lo necesitaba, gracias por brindarme la mano y ser parte de este proceso, de mi etapa de preparación profesional.

A la **Ing. Anaid García Barrera** quiero agradecerle por toda la ayuda que me brindó durante el desarrollo de mi tesis. Su apoyo fue muy importante para poder avanzar y concluir este trabajo. Estoy sinceramente agradecido por su disposición y colaboración.

A mis amigos **Lizeth Vianney, Jacqueline D., Nancy Pérez, Oreste G., Gabriel Anaya, Itzel Gallardo, Ángel R., Luis Ángel y Aldo García**, les agradezco profundamente por todo su apoyo, por escucharme y por brindarme siempre sus consejos que me ayudaron a mejorar a lo largo de este camino en mi formación profesional y personal. Asimismo, valoro mucho cada momento de alegría, risas y las experiencias que compartimos juntos durante este proceso.

A **Pamela Alvarado**, gracias por haber sido parte de esta etapa, por haberme acompañado en el proceso, los momentos compartidos y por el apoyo. Cada experiencia vivida dejó aprendizajes valiosos que contribuyeron a mi crecimiento personal y a la persona que soy hoy. Aunque los caminos cambien, guardaré con aprecio los recuerdos y las enseñanzas que quedaron de esta etapa. De alguna manera, también formas parte de este logro y de este capítulo que hoy culmina.

A **Natalia**, gracias por estar y ser parte de esta pequeña y última etapa, por los ánimos, por darme la motivación y el apoyo para llegar hasta este momento, estoy sumamente agradecido contigo.

DEDICATORIA

A MI PADRE

Ariel Pérez Gómez, por haberme brindado siempre tu apoyo incondicional desde que era pequeño y por nunca dejarme solo en ningún momento de mi vida. Gracias por cada palabra, por cada consejo y también por cada regaño, porque en todos ellos siempre hubo amor, enseñanza y el deseo de verme crecer y

convertirme en una mejor persona. Gracias, papá, por guiarme a lo largo del camino de la vida, por enseñarme con tu ejemplo el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la perseverancia. Todo el amor incondicional que me has dado ha sido una de las fuerzas más grandes que me ha impulsado a seguir adelante y a no rendirme ante las dificultades. Has sido el pilar fundamental y la base sobre la que he construido mis sueños. Gracias a ti me he fortalecido cada día y hoy puedo decir con orgullo que he alcanzado una de mis metas más importantes. Reconozco profundamente cada sacrificio que hiciste para que yo pudiera estudiar y tener oportunidades que tal vez no fueron fáciles de lograr. Este logro también es tuyo, porque sin tu apoyo, tu esfuerzo y tu confianza en mí, nada de esto habría sido posible.

Por ello, con todo mi amor y gratitud, te dedico esta tesis.

Te amo mucho papá.

A MI MADRE

Idali Ozuna Ruiz, por siempre estar a mi lado en cada momento de mi vida, brindándome tu apoyo incondicional y acompañándome con tus palabras llenas de amor, esperanza y fortaleza. Gracias por cada mensaje de ánimo, por cada gesto de cariño y por cada muestra de amor que me diste durante todo este camino, los cuales me ayudaron a mantenerme firme y a ser más fuerte a lo largo de mi trayectoria universitaria. Gracias, mamá, por nunca soltar mi mano y por enseñarme con tu ejemplo a luchar por mis sueños y a no rendirme jamás ante las dificultades. Tus consejos, tu confianza y tu constante motivación fueron una luz que me guio en los momentos más difíciles de este camino. Agradezco profundamente cada uno de tus desvelos, tus sacrificios y todo el esfuerzo que hiciste para que yo pudiera estudiar y salir adelante. También gracias por tus oraciones y por tus buenos deseos cada vez que salía de casa, porque en cada paso que daba sentía tu amor y tu protección acompañándome. Hoy que logro culminar una de las metas más importantes de mi vida, quiero que sepas que este

logro también es tuyo, porque sin tu apoyo, tu amor y la confianza que siempre depositaste en mí, nada de esto habría sido posible.

Con todo mi amor, respeto y gratitud, te dedico este logro.

Te amo infinitivamente mamá.

A MIS HERMANAS

Amairani Berenice, Anahomi Yamileth y Rosa Isabel, por motivarme siempre a seguir adelante y brindarme su apoyo incondicional a lo largo de todo el trayecto de mi carrera profesional. Gracias por estar presentes en cada momento, por creer en mí incluso cuando las cosas parecían difíciles y por impulsarme a no rendirme ante los obstáculos. Agradezco profundamente cada palabra de aliento, cada consejo y cada gesto de cariño que me ayudó a continuar con más fuerza.

A MIS ABUELOS

Rosauro Ozuna López (†) e Isabel Ruíz Pérez (†), gracias por haber sido como mis segundos padres, por cuidarme con tanto amor, valoro y guardo con mucho cariño cada momento que compartimos juntos, porque en cada uno de ellos aprendí lecciones que hoy forman parte de la persona que soy. Les agradezco profundamente por guiarme siempre con su sabiduría, sus consejos y su ejemplo. Gracias por sus palabras de aliento y por las bendiciones que siempre me dieron. Aunque hoy ya no estén físicamente conmigo, sé que su amor y su recuerdo me acompañan siempre.

Siempre vivirán en mi corazón y en cada uno de mis logros.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DERECHOS DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
1. INTRODUCCIÓN.....	14
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo general	18
2.2. Objetivos específicos	18
3. HIPÓTESIS.....	19
4. REVISIÓN DE LITERATURA	20
4.1. Antecedentes y origen.....	20
4.2. Importancia del cultivo a nivel mundial.....	20
4.3. Importancia del cultivo a nivel nacional	21
4.4. Importancia del cultivo en Coahuila	23
4.5. Importancia del cultivo desde el enfoque económico, social y cultural	23
4.6. Problemáticas en la producción de pimienta.....	24
4.7. Alternativa a las problemáticas	26
4.8. El mejoramiento genético de chiles.....	28
4.9. Mejoramiento genético del pimienta.....	29

5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
5.1. Ubicación del área experimental.....	31
5.2. Material genético	32
5.3. Establecimiento de semillas.....	33
5.4. Manejo en invernadero	33
5.5. Trasplante	33
5.6. Diseño experimental	33
5.7. Riego y nutrición	33
5.8. Labores culturales	34
5.9. Control de plagas y enfermedades	35
5.10. Cosecha.....	37
5.11. Variables evaluadas.....	38
5.12. Análisis estadístico	40
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
6.1. Rendimiento de gramos por planta (g planta^{-1})	41
6.2. Número de frutos por planta	42
6.3. Peso promedio de fruto.....	43
6.4. Longitud de fruto	44
6.5. Diámetro de fruto	45
6.6. Número de lóculos.....	46
6.7. Grosor de mesocarpio	47
6.8. Sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$)	48
6.9. Rendimiento calculado en toneladas por hectárea (t ha^{-1})	49
6.10. Diámetro de tallo.....	50
6.11. Altura de planta.....	51

7. CONCLUSIONES	52
8. LITERATURA CITADA	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos del SIAP 2024, muestra los análisis estadísticos de la superficie sembrada, así como de la producción.....	22
Tabla 2: Composición nutricional del fertirriego en el cultivo de chile pimiento determinado bajo invernadero	34
Tabla 3: Productos químicos utilizados con sus respectivas dosificaciones medidas en mililitros por litro (ml/L ⁻¹) y gramos por litro (g/L ⁻¹).....	35
Tabla 4: Insecticidas con baja residualidad utilizados con sus respectivas dosificaciones en mililitros por litro de agua (ml/L ⁻¹).	36
Tabla 5: Fechas a días de cosechas después del trasplante.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Ubicación invernadero UAAAN, Saltillo, Coahuila, México (Google Maps, 2026).	31
FIGURA 2: Híbridos experimentales de pimiento morrón (<i>Capsicum annuum</i>) evaluados en el ciclo P-V del 2025 en un invernadero de la UAAAN.....	32
FIGURA 3: Frutos cosechados teniendo en cuenta un grado de madurez arriba del 50%.	38
FIGURA 4: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable rendimiento de gramos por planta de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.	41
FIGURA 5: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable número de frutos por planta de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.	42

FIGURA 6: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable peso promedio de fruto de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero....	43
FIGURA 7: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable longitud del fruto de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.....	44
FIGURA 8: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable diámetro de fruto de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.....	45
FIGURA 9: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable número de lóculos de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.....	46
FIGURA 10: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable grosor de mesocarpio de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.	47
FIGURA 11: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable Grados °Brix de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.....	48
FIGURA 12: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de rendimiento calculado en toneladas por hectárea de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.....	49
FIGURA 13: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable diámetro del tallo de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.....	50
FIGURA 14: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable altura de planta de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.....	51

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue evaluar el desempeño agronómico de ocho híbridos experimentales de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de invernadero pertenecientes a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. El experimento se desarrolló mediante un diseño y modelo estadístico experimental completamente aleatorio con ocho tratamientos y tres repeticiones. Los datos se analizaron mediante ANVA ($p \leq 0.05$) y la prueba de medias fue por Duncan ($p \leq 0.05$). En las variables agronómicas, el híbrido P0106 tuvo un mejor desempeño en longitud de fruto con 84.53 mm, en diámetro de fruto obtuvo 89.13 mm, para rendimiento en gramos por planta y tonelada por hectárea fue de 1965 g y 62.88 t ha. Para la variable de número de frutos por planta destacaron los híbridos P0106 y P0111. En grosor de mesocarpio y número de lóculos todos los híbridos tuvieron la misma respuesta estadística. Para sólidos solubles totales el híbrido P0611 destacó con 8.07 °Brix. En cuanto al peso promedio de fruto los híbridos con mejor desempeño fueron P0106 y P0109 con rangos de 182.08 g y 178.73 g. En el diámetro del tallo los híbridos P0106 y P0601 tuvieron mejor desempeño. Para finalizar el híbrido con mejor potencial en altura de planta fue P0109 con 113.83 cm. Los datos obtenidos mostraron que todas las variables evaluadas a excepción de número de lóculos y grosor de mesocarpio presentaron diferencias significativas entre ellos, lo que indica la existencia de variación genética entre los híbridos experimentales, permitiendo identificar los que tienen mejor desempeño productivo bajo invernadero en Saltillo, Coahuila.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, híbridos, agricultura protegida, pimiento morrón.

ABSTRACT

The primary objective of this study was to evaluate the agronomic performance of eight experimental bell pepper hybrids (*Capsicum annuum*) under greenhouse conditions at the Antonio Narro Autonomous Agrarian University in Saltillo, Coahuila. The experiment was conducted using a completely randomized experimental design and statistical model, comprising eight treatments and three replications. Data were analyzed using ANOVA ($p \leq 0.05$), and mean separation was performed using Duncan's test ($p \leq 0.05$). Regarding agronomic variables, hybrid P0106 demonstrated superior performance in fruit length (84.53 mm) and fruit diameter (89.13 mm); in terms of yield measured in both grams per plant and tons per hectare it achieved 1,965 g and 62.88 t ha⁻¹, respectively. For the variable "number of fruits per plant," hybrids P0106 and P0111 stood out. Regarding mesocarp thickness and number of locules, all hybrids exhibited statistically equivalent responses. For total soluble solids, hybrid P0611 distinguished itself with a value of 8.07 °Brix. In terms of average fruit weight, the top-performing hybrids were P0106 and P0109, with values of 182.08 g and 178.73 g, respectively. Regarding stem diameter, hybrids P0106 and P0601 demonstrated superior performance. Finally, the hybrid exhibiting the greatest potential in terms of plant height was P0109, reaching 113.83 cm. The obtained data indicated that all evaluated variables with the exception of the number of locules and mesocarp thickness exhibited significant differences among the hybrids. This finding points to the existence of genetic variation among the experimental hybrids, thereby enabling the identification of those demonstrating the highest productive performance under greenhouse conditions in Saltillo, Coahuila.

Keywords: *Capsicum annuum*, hybrids, protected agriculture, bell pepper.

1. INTRODUCCIÓN

Los chiles y en particular el pimiento morrón (*Capsicum annuum*) constituyen cultivos de enorme relevancia agrícola, alimentaria y cultural, especialmente en México, donde forman parte esencial de la dieta diaria y representan una de las hortalizas más consumidas en múltiples presentaciones. Su origen se ubica en América, con antecedentes de uso en Sudamérica desde hace aproximadamente seis mil años utilizado como condimento alimenticio (Pickersgill, 1989). Diversas investigaciones arqueológicas y genéticas señalan que México es uno de los principales centros de origen y domesticación del género *Capsicum*, con registros históricos en estados como Puebla, Oaxaca y Tamaulipas, lo que evidencia la amplia diversidad genética existente y su valor para programas de mejoramiento (Pickersgill, 1989). A escala mundial, el pimiento ocupa el tercer lugar de importancia entre las solanáceas después del tomate y la papa, destacando por su valor nutricional debido a su contenido de vitaminas A, C, E y K, antioxidantes y compuestos bioactivos. Su aceptación gastronómica se debe a sus propiedades organolépticas como color, aroma, textura y sabor, además de su versatilidad comercial, ya que puede consumirse fresco, deshidratado o procesado (Russo, 2012). La producción global anual alcanza decenas de millones de toneladas, con países asiáticos a la cabeza y México entre los principales productores. Dentro de la especie existen numerosas variedades o razas (jalapeño, serrano, poblano, ancho, bell pepper, cayenne, entre otras) descritas desde la clasificación botánica temprana (Russo, 2012). En México, aunque se cultiva una amplia diversidad, los tipos picantes y los destinados a relleno concentran gran parte del consumo interno. Según datos del SIAP, el pimiento ocupa un lugar destacado por su rentabilidad y productividad, posicionándose como una alternativa competitiva dentro de la horticultura nacional. Además, es una de las hortalizas más importantes en exportación y genera empleo en toda la cadena productiva, desde la siembra hasta la comercialización (SIAP, 2024).

La producción se distribuye en distintas regiones del país, lo que demuestra la capacidad de adaptación del cultivo a diversas condiciones ambientales y sistemas de manejo, tanto en campo abierto como en agricultura protegida. Los registros más recientes indican que estados con sistemas tecnificados alcanzan mayores rendimientos, destacando algunos por su volumen total y otros por su eficiencia productiva (SIAP, 2024). En regiones específicas como Coahuila, el cultivo tiene importancia económica relevante, con superficies sembradas y volúmenes de producción que contribuyen al panorama nacional del sector hortícola (SIAP, 2024).

Desde el punto de vista agronómico, el rendimiento del pimiento depende de la genética, factores ambientales y de manejo. El cultivo prospera en temperaturas moderadas y su productividad puede verse afectada por sequía, calor extremo, salinidad o exceso de humedad, condiciones que provocan caída de flores, reducción del tamaño del fruto y mayor incidencia de enfermedades (BASF, s. f.; Chhapekar, et al., 2018). Asimismo, si hablamos del suelo, este desempeña un papel crucial, ya que requiere buena estructura, drenaje adecuado y alto contenido de materia orgánica para un desarrollo óptimo. No obstante, patógenos edáficos como *Fusarium* y *Phytophthora* pueden ocasionar marchitez y pudriciones radiculares, generando pérdidas significativas. Las plagas también representan una limitante importante. Insectos como pulgones, trips y mosca blanca debilitan las plantas al alimentarse de su savia y transmitir virus, mientras que orugas como *Helicoverpa armigera* dañan frutos y tallos, reduciendo su valor comercial (BASF, s. f.). Además, enfermedades como *botrytis*, *oídio*, tristeza del pimiento y sarna bacteriana afectan hojas y frutos, disminuyendo rendimiento y calidad (Parisi, et al., 2020). A nivel fisiológico, la especie es sensible a la asfixia radicular provocada por exceso de humedad, fenómeno que incrementa el riesgo de patógenos del suelo (Larregla, 2003; Sanogo S, 2006).

Frente a estas limitantes, se utilizan estrategias fundamentales el manejo integral del cultivo, como fertilización basada en análisis de suelo, fertirrigación, incorporación de materia orgánica y manejo integrado de plagas permiten mejorar

la eficiencia productiva y reducir pérdidas (BASF, s. f.). En este sentido, la sanidad vegetal y la inocuidad alimentaria son aspectos prioritarios promovidos por organismos como el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, que resaltan la importancia del sector agrícola para el bienestar social y la seguridad alimentaria (SENASICA, 2023).

El mejoramiento genético constituye uno de los pilares para incrementar la productividad y estabilidad del cultivo. La selección de genotipos, el desarrollo de híbridos y el uso de biotecnología han permitido obtener variedades con mayor rendimiento, calidad de fruto y tolerancia a estrés ambiental y enfermedades (Kothari, et al., 2010). Investigaciones recientes publicadas en la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas señalan la existencia de amplia variabilidad genética entre materiales de chile poblano, lo que facilita identificar líneas sobresalientes para distintos mercados (Hernández-Acosta, et al., 2024). Asimismo, evaluaciones de híbridos experimentales han permitido reconocer materiales con alto potencial agronómico, útiles para programas de mejoramiento (Huertos, et al., 2025).

Entre los avances destacados se encuentra el desarrollo de híbridos regionales, como el HAP14F generado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, caracterizado por su precocidad y altos rendimientos tanto en fruto verde como seco (Pérez-Grajales, et al., 2018). También se han estudiado cruzamientos entre variedades criollas y líneas mejoradas, evaluando características fenológicas, morfológicas y bioquímicas para obtener genotipos superiores (Ortiz Arellano, 2024).

A nivel internacional, los programas de mejoramiento se enfocan principalmente en tipos comerciales como Bell y Lamuyo, priorizando productividad, calidad y resistencia fitosanitaria (Hein, 2017). Tradicionalmente, el mejoramiento se ha basado en cruzamientos dirigidos y selección fenotípica, pero actualmente incorpora herramientas biotecnológicas (marcadores moleculares, cultivo de tejidos e ingeniería genética) que permiten introducir genes de resistencia y acelerar el desarrollo de nuevas variedades (Bosland & Votava, 2012; Kothari, et

al., 2010). Estas estrategias buscan aumentar la tolerancia a estrés hídrico y térmico, mejorar la calidad nutrimental y reducir la dependencia de agroquímicos.

El fortalecimiento de la resistencia genética es uno de los objetivos centrales, ya que hongos, bacterias y virus pueden causar pérdidas severas en la producción. La incorporación de genes de resistencia no solo protege el rendimiento, sino que también disminuye costos y favorece sistemas agrícolas sostenibles (Paran & van der Knaap, 2007). Paralelamente, se optimizan atributos comerciales como tamaño, color, firmeza y vida de anaquel, factores clave para la aceptación en el mercado (Bosland & Votava, 2012).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el desempeño agronómico y fisicoquímico de ocho híbridos experimentales de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) bajo condiciones de invernadero de baja tecnología en Saltillo, Coahuila.

2.2. Objetivos específicos

Cuantificar el potencial agronómico y fisicoquímico de ocho híbridos experimentales de chile pimiento morrón (*Capsicum annuum*) bajo invernadero.

Identificar los híbridos experimentales de chile pimiento morrón (*Capsicum annuum*) con mejor potencial agronómico y con posibilidad avanzar a la fase de prueba con híbridos comerciales.

3. HIPÓTESIS

- 3.1. Al menos uno de los híbridos experimentales de pimiento morrón probados bajo invernadero de baja tecnología presentará mejor potencial agronómico y fisicoquímico del fruto.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Antecedentes y origen

En México, el chile (*Capsicum annuum* L.) destaca como uno de los cultivos agrícolas más significativos, debido a que constituye un elemento esencial en la alimentación cotidiana, lo que lo convierte en la hortaliza más consumida en sus diversas presentaciones. *Capsicum annuum* o mejor conocido como pimiento morrón se produce en regiones de Centro y Sudamérica, particularmente en Bolivia y Perú, donde además se cultivan al menos cuatro especies adicionales (Pickersgill, 1989). Desde hace aproximadamente 6000 años, los pimientos rojos eran empleados en Sudamérica como condimento para realzar el sabor de alimentos poco condimentados. México es reconocido como el principal centro de origen, diversidad y domesticación del chile, y posee una amplia variabilidad genética que aún no ha sido completamente estudiada. Existen evidencias de su domesticación en estados como Tamaulipas, Puebla y Oaxaca, lo que sugiere que el género *Capsicum* fue domesticado en al menos dos regiones distintas: *Capsicum annuum* en México y *Capsicum chinense* en la región amazónica (Pickersgill, 1989).

4.2. Importancia del cultivo a nivel mundial

El pimiento morrón (*Capsicum annuum*) ocupa el tercer lugar en importancia entre las solanáceas a nivel mundial, después del tomate y la papa. Es considerado un alimento de alto valor nutricional gracias a su contenido de vitaminas como A, C, E y K1, además de diversos compuestos antioxidantes. Sus propiedades organolépticas como color, aroma, sabor y textura firme y crujiente, favorecen su amplia aceptación en la gastronomía. A nivel global se producen alrededor de 57 millones de toneladas al año; China encabeza la producción con 16.6 millones de toneladas, mientras que México ocupa el segundo sitio con aproximadamente 2.8 millones de toneladas. Dentro de la especie *Capsicum annuum* se encuentran variedades como el jalapeño, poblano, Anaheim, ancho, bell, Big Jim, cayenne y

los tipos serrano, las cuales fueron descritas inicialmente por Linneo en *Species plantarum*. Con base en evidencia arqueológica, así como en estudios fitogeográficos y genéticos, diversos investigadores han propuesto que la domesticación de *Capsicum annuum* ocurrió en México o en el norte de Centroamérica (Russo, 2012).

4.3. Importancia del cultivo a nivel nacional

Capsicum annuum se comercializa en distintos colores verde, amarillo, naranja y rojo según su grado de madurez. En México se emplea como condimento y alimento, apreciado por su bajo contenido de grasa, alto porcentaje de agua y ricas en vitaminas, minerales, carbohidratos y fibra. Actualmente, en México se siembra una gran diversidad de chiles a lo largo del territorio; sin embargo, los tipos picantes y los destinados para relleno son los de mayor consumo interno. El pimiento morrón (*Capsicum annuum*), conocido también como chile bell o bell pepper, ocupa el cuarto lugar en volumen de producción, después de los tipos jalapeño, serrano y poblano (SIAP, 2010). Representa la segunda hortaliza más importante en exportaciones, con un valor aproximado de 668 millones de dólares y una producción cercana a 675,112 toneladas (SICAGRO-SAGARPA, 2012), por lo que su cultivo genera importantes ingresos y fuentes de empleo. De acuerdo con información estadística oficial del SIAP (2024), el chile pimiento es una hortaliza de gran importancia para el sector agrícola en México, debido a su elevada rentabilidad, productividad y valor en el mercado. Se distingue por alcanzar altos rendimientos por unidad de superficie, lo que lo ubica como una opción económicamente favorable frente a otros cultivos hortícolas. Además, su producción se realiza en distintas regiones del país, lo cual demuestra su amplia capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas y sistemas de cultivo, tanto en campo abierto como bajo estructuras protegidas. Su importancia económica aporta a las cadenas agroalimentarias, ya que genera empleo en múltiples etapas del proceso productivo, desde la siembra hasta la comercialización. A ello se suma una demanda constante en los mercados nacionales e internacionales, factor que consolida su papel como cultivo

estratégico dentro de la horticultura mexicana. Los registros correspondientes a 2024 indican que la producción se concentra principalmente en entidades con sistemas tecnificados e intensivos, donde se alcanzan mayores niveles de rendimiento y valor económico. Estados como Jalisco y Guanajuato sobresalen por su volumen y valor productivo, mientras que Hidalgo y Coahuila destacan por sus altos rendimientos por hectárea, lo cual evidencia una elevada eficiencia productiva (SIAP, 2024).

Tabla 1: Datos del SIAP 2024, muestra los análisis estadísticos de la superficie sembrada, así como de la producción.

Estado	Sup. sembrada	Sup. cosechada	Producción	Rendimiento (t ha ⁻¹)	PMR	Valor producción
Aguascalientes	13.83	13.83	1,000.83	72.37	15,096.48	15,109.01
Baja California	31.00	31.00	1,032.00	33.29	21,230.23	21,909.60
Baja California Sur	233.00	233.00	16,744.16	71.86	17,533.23	293,579.21
Coahuila	142.00	142.00	16,163.00	113.82	18,739.66	302,889.09
Chihuahua	30.00	30.00	1,950.00	65.00	21,000.00	40,950.00
Durango	20.00	20.00	413.60	20.68	11,921.28	4,930.64
Guanajuato	572.88	572.88	53,454.43	93.31	17,162.98	917,437.40

El análisis de la información muestra que el predominio productivo no se explica solamente por la cantidad de superficie sembrada, sino también por el grado de tecnificación utilizado en el manejo agrícola. Así, algunas entidades con menor área cultivada logran rendimientos elevados mediante sistemas intensivos, empleo de estructuras protegidas y uso eficiente de insumos. Esta relación entre alta productividad y valor económico evidencia que el chile pimienta constituye un cultivo estratégico para el desarrollo agrícola tanto regional como nacional.

4.4. Importancia del cultivo en Coahuila

En estados de Nuevo León, Coahuila, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo y Puebla se reportaron alrededor de 85 hectáreas destinadas a la producción de pimienta para exportación, con un volumen aproximado de 15,000 toneladas (De Santiago, 2009). En sistemas de invernadero, el rendimiento varía según el nivel tecnológico empleado: con tecnología intermedia se pueden obtener cerca de 130 toneladas por hectárea; al usar tecnología media-alta la producción puede incrementarse hasta 180 toneladas por hectárea y bajo invernaderos de alta tecnología es posible alcanzar rendimientos de hasta 250 toneladas por hectárea (Moreno-Pérez, et al., 2011).

Actualmente el cultivo de chile pimienta (*Capsicum annuum*) tiene relevancia económica en Coahuila debido a su aporte productivo dentro del sector hortícola nacional, así como por su participación en cadenas de valor orientadas al mercado fresco y de exportación. Datos oficiales derivados de estadísticas agrícolas indican que el estado forma parte del grupo de entidades productoras de chile morrón en México, contribuyendo con superficie y volumen que lo integran al panorama nacional del cultivo. Según registros de producción agrícola basados en datos del SIAP, Coahuila reportó una superficie sembrada cercana a 142 ha y una producción aproximada de 16,163.00 toneladas, con rendimientos promedio de 113.82 unidades de producción por hectárea, con un valor de producción de \$302,889.09 mil pesos, lo que refleja la importancia técnica del cultivo en la región. (SIAP, 2024).

4.5. Importancia del cultivo desde el enfoque económico, social y cultural

Capsicum annuum tiene múltiples usos, ya que puede comercializarse fresco, deshidratado o molido. También se utiliza en la industria farmacéutica, en la elaboración de pigmentos naturales y productos cosméticos, además de cultivarse como planta ornamental. Desde el punto de vista nutricional, destaca por su

contenido elevado de vitaminas A y C, así como minerales y compuestos bioactivos como hierro, magnesio, potasio, carotenoides, fenoles, capsaicinoides, xantofilas y flavonoides (Sonawane & Shinde, 2021).

Sin embargo, su crecimiento, rendimiento y productividad se ve afectado por factores bióticos como plagas y enfermedades y abióticos, entre ellos la sequía, temperaturas extremas y salinidad (Chhapekar, et al., 2018). Ante estos desafíos, el mejoramiento genético tradicional combinado con prácticas agrícolas adecuadas ha permitido avances importantes, logrando variedades con características agronómicas superiores (Kothari, et al., 2010).

Desde una perspectiva social, la importancia del cultivo, según el papel institucional del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), se vincula principalmente con su aporte al bienestar colectivo, la seguridad alimentaria y el progreso de las zonas rurales. Esta institución destaca que la actividad agrícola no solo representa un beneficio económico, sino que también influye directamente en la calidad de vida de la población, al asegurar alimentos inocuos, resguardar la sanidad vegetal y promover el fortalecimiento del sector rural (SENASICA, 2023).

Además de su valor alimenticio, esta hortaliza aporta sustancias secundarias y pigmentos naturales de interés industrial (Aguirre-Hernández & Muñoz-Ocotero, 2015). Se considera un cultivo relevante desde perspectivas culturales, agronómicas, nutricionales y económicas (Aguirre-Mancilla, et al., 2017).

4.6. Problemáticas en la producción de pimiento

La producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) enfrenta diversas problemáticas que afectan directamente en su rendimiento, calidad y rentabilidad. Entre los factores más determinantes se encuentran las condiciones climáticas, ya que este cultivo se desarrolla óptimamente con temperaturas diurnas de 20–25 °C y nocturnas de 16–18 °C; variaciones extremas de calor, frío, sequía o precipitaciones excesivas ocasionan disminución del tamaño del fruto, caída de

flores y crecimiento deficiente. Además, niveles altos de humedad favorecen la aparición de enfermedades y dificultan la fecundación, mientras que la combinación de baja humedad y altas temperaturas puede provocar aborto floral y caída de frutos jóvenes (BASF, s. f.). Los pequeños y medianos productores hortícolas enfrentan bajos rendimientos en el cultivo de pimiento, situación asociada principalmente a un manejo inadecuado de la fertilización, ya sea por errores en la dosis aplicada, el momento de suministro, el tipo de nutriente necesitado en cada fase fenológica o el método de aplicación. Por ello, resulta fundamental que los agricultores dispongan de información técnica suficiente que les permita tomar decisiones acertadas y mejorar el desempeño productivo de sus plantaciones.

Aunque se busca mantener sistemas de producción sostenibles que equilibren rendimiento y sanidad vegetal, el pimiento continúa siendo vulnerable a diversos problemas fitosanitarios, entre los que destacan las enfermedades virales y las causadas por patógenos presentes en el suelo. Asimismo, la enfermedad foliar conocida como oídio, provocada por *Leveillula taurica*, suele aparecer hacia el final del ciclo en cultivos bajo invernadero, ocasionando necrosis y caída de hojas (Parisi, et al., 2020). Otro problema importante es la calidad del suelo, el pimiento prospera en suelos profundos, bien drenados y con alto contenido de materia orgánica; por lo tanto, suelos pobres en nutrientes o con salinidad elevada restringen el crecimiento y la absorción de agua y minerales. Esto provoca que patógenos edáficos como *Fusarium* y *Phytophthora* pueden causar pudriciones radiculares y marchitez, generando pérdidas significativas en la producción (BASF, s. f.). También son comunes diversas enfermedades que afectan hojas, tallos, raíces y frutos. *Botrytis* o podredumbre gris se encuentran entre las más importantes, causa manchas pardas y ablandamiento del fruto; el oídio, caracterizado por micelio blanquecino y defoliación; la tristeza del pimiento producida por *Phytophthora capsici*, que provoca marchitez y muerte de plantas; y la sarna bacteriana, transmitida por semillas, que genera lesiones y agujeros en los frutos. Estas enfermedades pueden diseminarse rápidamente cuando existen

condiciones favorables de humedad, reduciendo el rendimiento y la calidad (BASF, s. f.).

Desde el punto de vista fisiológico, el pimiento presenta alta susceptibilidad a la asfixia radicular, considerada una de las principales alteraciones abióticas que limitan su desarrollo (Larregla, 2003). El exceso de humedad y el encharcamiento alrededor de la raíz favorecen además la proliferación de patógenos del suelo, lo que incrementa el riesgo de enfermedades y pérdidas productivas (Sanogo, et al., 2012).

Las plagas representan otro de los principales retos productivos. Los pulgones, trips y mosca blanca son insectos que se alimentan de la savia vegetal, debilitando la planta y disminuyendo su desarrollo, además de actuar como vectores de virus. Otras especies, como las orugas de *Helicoverpa armigera*, dañan tallos y frutos mediante perforaciones, si no se controlan a tiempo estos reducen el valor comercial de la cosecha y ocasionando pérdidas económicas (BASF, s. f.).

En ciertas zonas hortícolas regionales existen superficies cultivadas bajo invernadero y campo abierto donde predomina el tomate, especialmente en municipios como Viesca y Matamoros, en Coahuila, así como Lerdo y Gómez Palacio, en Durango. Sin embargo, los productores que cultivan hortalizas a campo abierto enfrentan dificultades de comercialización, principalmente por la saturación del mercado en periodos cortos de cosecha y la escasa organización para la venta, lo que reduce el precio del producto, siendo otra problemática importante en la producción hortícola. Esta situación impulsa a los agricultores a buscar alternativas productivas que les permitan comercializar mejor su cosecha y obtener ingresos de acuerdo con su inversión.

4.7. Alternativa a las problemáticas

Las dificultades que inciden en la producción de pimiento (*Capsicum annuum*) pueden mitigarse mediante un manejo integral que combine estrategias genéticas, nutricionales y preventivas, orientadas a incrementar el rendimiento, la calidad y la

estabilidad del cultivo. Desde el punto de vista nutricional, la solución a los bajos rendimientos vinculados a un manejo deficiente de fertilización implica diseñar programas de nutrición basados en análisis de suelo y en los requerimientos específicos de cada fase del cultivo, lo que permite ajustar dosis, fuentes y momentos de aplicación para prevenir desequilibrios nutricionales que perjudiquen el crecimiento. El fertirriego, por ejemplo, favorece una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y disminuye pérdidas por lixiviación, sobre todo en suelos con baja fertilidad o salinidad, mientras que la incorporación de materia orgánica mejora la estructura del suelo, la retención de humedad y el desarrollo de raíces, aspectos esenciales para la adecuada nutrición y crecimiento del pimiento (BASF, s. f.).

En la protección preventiva está el manejo integrado de plagas utilizada como herramienta clave para reducir el impacto de insectos como pulgones, trips y mosca blanca, que debilitan las plantas y transmiten virus, así como de orugas que perforan frutos y disminuyen su valor comercial; este enfoque integra monitoreo continuo, control biológico, prácticas culturales y uso adecuado de insecticidas para mantener las poblaciones por debajo de niveles de daño económico (BASF, s. f.). De igual modo, realizar prácticas preventivas como la desinfección de semillas y sustratos, la utilización de variedades resistentes y la eliminación de restos vegetales limitan la diseminación de patógenos responsables de enfermedades foliares y de fruto, entre ellas el oídio causado por *Leveillula taurica* y la podredumbre gris, que generan necrosis, defoliación y deterioro de la calidad comercial (Parisi, et al., 2020). Además, un adecuado riego y drenaje resulta indispensable para evitar la asfixia radicular considerada una de las principales alteraciones fisiológicas del cultivo y para reducir la incidencia de enfermedades asociadas al exceso de humedad y a la presencia de patógenos en el suelo (Larregla, 2003; Sanogo S, 2006).

Desde el enfoque genético, el uso de híbridos y materiales mejorados es una de las alternativas más efectivas para disminuir pérdidas causadas por estrés ambiental, plagas y enfermedades, ya que existen variedades con tolerancia a

temperaturas elevadas, sequía y salinidad capaces de sostener la producción aún bajo condiciones desfavorables que normalmente afectarían la floración y el desarrollo del fruto (BASF, s. f.). Asimismo, se han desarrollado cultivares con resistencia a patógenos del suelo como *Phytophthora* y *Fusarium*, lo que disminuye la incidencia de marchitez y pudriciones radiculares, además de materiales con tolerancia a virus transmitidos por insectos, disminuyendo así la necesidad de agroquímicos y mejorando la estabilidad productiva; en este contexto, el fitomejoramiento moderno ha evidenciado que la incorporación de genes de resistencia es fundamental para enfrentar factores bióticos y abióticos limitantes (Kothari, et al., 2010).

4.8. El mejoramiento genético de chiles

El mejoramiento genético del chile poblano en México ha mostrado progresos notables en años recientes gracias a programas enfocados en la selección de materiales, la evaluación comparativa de genotipos y la generación de híbridos adaptados a diversas zonas productoras. Estudios agronómicos actuales indican que existe una considerable diversidad genética entre los distintos materiales disponibles, lo cual facilita identificar líneas con alto rendimiento y calidad de fruto para diferentes mercados. En ensayos realizados en el sureste de Coahuila, algunos genotipos sobresalieron por presentar frutos más largos y pesados, mientras que otros destacaron por su mayor número de frutos por planta y características adecuadas para procesos de deshidratado, evidenciando el amplio banco genético utilizable en programas de selección (Hernández-Acosta, et al., 2024).

Otro avance importante ha sido la evaluación de híbridos experimentales en condiciones de campo abierto, donde se midieron variables como cantidad de frutos, peso medio, longitud, grosor del mesocarpio y rendimiento total. Estos trabajos permitieron reconocer materiales superiores entre ellos H-302, H-303, H-304, H-402 y H-404 con mayor potencial agronómico, información que resulta clave para orientar futuros esquemas de mejoramiento y liberación de variedades

comerciales (Huertos, et al., 2025). De igual manera, la obtención de híbridos diseñados para regiones específicas representa un logro destacado. El híbrido de chile ancho poblano HAP14F, desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se distingue por su precocidad, al florecer alrededor de los 39 días y alcanzar madurez a los 118 días posteriores al trasplante, además de registrar rendimientos promedio de 23.1 t ha⁻¹ en fruto verde y 3.7 t ha⁻¹ en seco, lo que lo posiciona como una opción productiva para el Altiplano mexicano (Pérez-Grajales, et al., 2018). Finalmente, el análisis de variedades criollas y sus cruzamientos con líneas mejoradas también ha contribuido al conocimiento científico del cultivo. Investigaciones universitarias han documentado la obtención y evaluación de híbridos resultantes de la cruce entre materiales criollos y líneas mejoradas tipo INIFAP, examinando rasgos fenológicos, morfológicos, bioquímicos y de rendimiento en condiciones de invernadero, lo que confirma la vigencia de la hibridación como estrategia para generar genotipos superiores (Ortiz Arellano, 2024).

4.9. Mejoramiento genético del pimiento

Los programas de mejoramiento genético del pimiento a nivel internacional se concentran principalmente en materiales comerciales de tipo Bell y Lamuyo, sobre todo en frutos de color rojo y amarillo, priorizando atributos como calidad, productividad y tolerancia a problemas fitosanitarios. Las empresas semilleras coinciden en que el rendimiento es un factor determinante para que los productores mantengan competitividad, aunque este debe complementarse con frutos de buena calidad y con resistencia genética a plagas y enfermedades, lo cual contribuye a disminuir el uso de plaguicidas y asegurar resultados productivos estables (Hein, 2017).

El mejoramiento genético de *Capsicum annuum* se basa en seleccionar y desarrollar genotipos con características superiores, entre ellas mayor rendimiento, mejor calidad del fruto, resistencia sanitaria y adaptación a ambientes desfavorables. Tradicionalmente, este proceso se ha llevado a cabo mediante

cruzamientos dirigidos y selección fenotípica, aprovechando la diversidad genética presente tanto en variedades cultivadas como en parientes silvestres, lo que ha permitido obtener cultivares con ventajas agronómicas y comerciales notables (Bosland & Votava, 2012). Con los avances biotecnológicos, los programas actuales integran herramientas como marcadores moleculares, cultivo de tejidos e ingeniería genética. Estas técnicas permiten identificar e incorporar con mayor exactitud genes relacionados con resistencia a patógenos, tolerancia a estrés hídrico o térmico y mejoras en la calidad nutricional del fruto, reduciendo además el tiempo requerido para liberar nuevas variedades en comparación con los métodos tradicionales (Kothari, et al., 2010). Uno de los propósitos centrales del mejoramiento es fortalecer la resistencia genética frente a enfermedades provocadas por hongos, bacterias y virus, debido a que estos organismos pueden causar pérdidas importantes en la producción. La incorporación de genes de resistencia no solo protege el rendimiento, sino que también disminuye costos de manejo y favorece sistemas agrícolas más sustentables (Paran & van der Knaap, 2007). Paralelamente, se busca optimizar rasgos de calidad como tamaño, color, firmeza, contenido de compuestos nutraceuticos y vida de anaquel, características fundamentales para la aceptación del mercado y el valor comercial del producto (Bosland & Votava, 2012). El mejoramiento genético del pimiento constituye una herramienta estratégica para afrontar los retos actuales de la agricultura, entre ellos el cambio climático, la aparición de nuevas plagas y la creciente demanda alimentaria, ya que posibilita el desarrollo de materiales más productivos, adaptables y eficientes en el uso de recursos (FAO, 2021).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del área experimental

El presente trabajo experimental se realizó en uno de los invernaderos del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Saltillo, Coahuila, México (Figura 1). Localizado a un costado del Departamento de Fitomejoramiento, en el ciclo primavera - verano 2025, el cual tiene las coordenadas $25^{\circ} 21' 15.52''$ N de latitud y $101^{\circ} 2' 3.54''$ O de longitud, con una altitud de 1,776 msnm, con una temperatura media anual de 16.4°C y con una precipitación media anual de 370 mm (Google Earth, 2026).

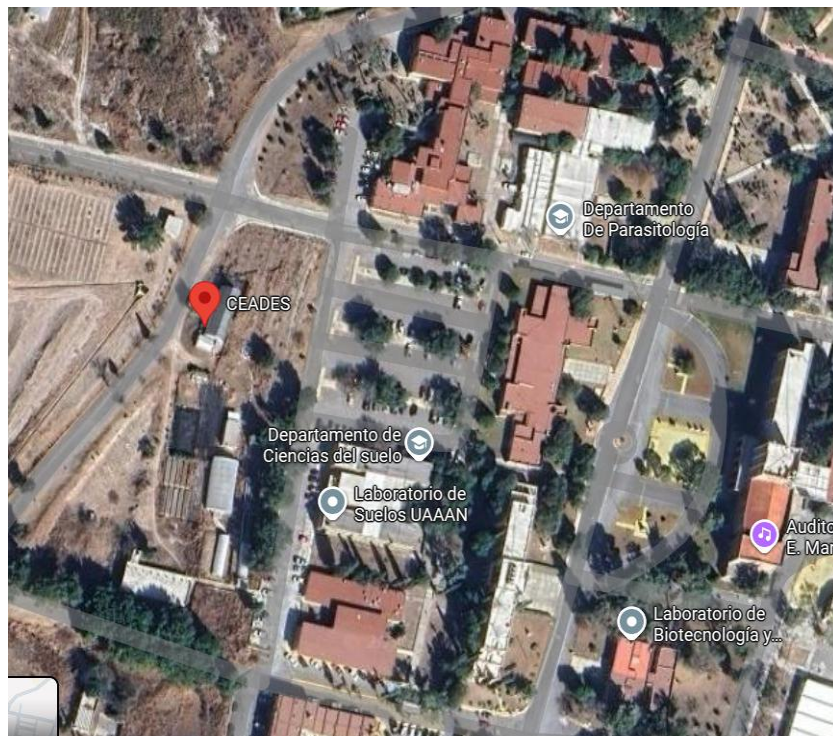


FIGURA 1: Ubicación invernadero UAAAN, Saltillo, Coahuila, México (Google Maps, 2026).

El establecimiento del cultivo del pimiento morrón (*Capsicum annuum*), se llevó a cabo en un invernadero de baja tecnología de tipo cenital, con 8 x 20 m, con ventanas laterales de 2 x 20 m, alto y largo, respectivamente, con cubiertas malla antiafidos, sistema de riego por goteo semiautomatizado, termómetro de máxima y mínimas para monitoreo.

5.2. Material genético

Se utilizaron ocho híbridos experimentales de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) pertenecientes al Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la UAAAN, los híbridos se identificaron como: P0106, P0109, P0111, P0101, P0601, P0609, P0611, P0606 (Figura 2). Se evaluaron los híbridos para cuantificar su desempeño en el potencial de rendimiento, calidad de frutos, frutos con mayor peso, tamaño y vigor en plantas.



PI= Pimiento Indeterminado

FIGURA 2: Híbridos experimentales de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) evaluados en el ciclo P-V del 2025 en un invernadero de la UAAAN.

5.3. Establecimiento de semillas

Antes de establecer el cultivo se realizó la siembra de las semillas el día 30 de enero del 2025, en charolas de germinación de 200 cavidades, donde se usó sustrato de germinación Peat Moss y perlita, la proporción 75/25% y con 2 semillas por cavidad de cada charola, para después colocarlos dentro de un pequeño cuarto de plástico con un calefactor, lo cual sirve para mantener la temperatura adecuada, esto a causa de la temporada invernal, para promover la germinación.

5.4. Manejo en invernadero

Antes de establecer el cultivo se acondicionó el invernadero con la respectiva limpieza, desinfección, se adquirieron los materiales y sustratos a utilizar, instalación del sistema de riego con piquetas y colocación de rafia.

5.5. Trasplante

El trasplante se realizó el 26 de marzo del mismo año, en bolsas de polietileno negro de 10 litros de capacidad, colocadas a una hilera, con arreglo lineal en cuatro surcos, a una distancia de 30 cm entre macetas. Se trasplantaron dos plantas por macetas y se desarrolló a dos tallos cada una, eliminando los brotes laterales, fue tutorado con rafia y anillos de plásticos.

5.6. Diseño experimental

Se realizó un diseño y modelo estadístico experimental completamente aleatorio con ocho tratamientos y tres repeticiones cada uno, para evaluar el comportamiento de los distintos híbridos experimentales.

5.7. Riego y nutrición

Durante el desarrollo del cultivo se registraron temperaturas, con promedio máximo de 39 °C y mínima de 15 °C, como nutrición inicial se aplicó una fertilización de tipo Steiner al 50% (Tabla 2), durante las primeras dos semanas de arranque, para después pasar a una nutrición al 75 % en la etapa de floración y amarre, por último aumentamos la concentración al 100 % en la etapa de fructificación y llenado.

Tabla 2: Composición nutricional del fertirriego en el cultivo de chile pimienta determinado bajo 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

5.8. Labores culturales

Durante todo el ciclo del cultivo de chile pimienta morrón, se realizaron diversas labores culturales con la finalidad de promover un buen desarrollo y salud de las plantas, tener mejor optimización de su rendimiento y ayudar a prevenir problemas fitosanitarios. Las principales labores culturales realizadas fueron las siguientes:

1. Deshierbe: se realizó tanto fuera como dentro del invernadero de forma periódica para eliminar malezas que pudieran ser hogar de diversos microorganismos, además de reducir curvas de hospedaje para plagas y enfermedades.
2. Quitado de flores: el quitado de flores en la primera bifurcación se realizó para promover o inducción floral, una vez que el botón floral estaba abierto, ya que en caso de realizarlo antes, cuando está cerrado la información genética de la planta se induce a un aborto floral.

3. Tutorio: debido al crecimiento indeterminado del chile pimiento morrón, se utilizó un sistema de tutorio adecuado, en este caso de tipo vertical utilizando rafia y anillos (tipo holandés), la cual permitió mantener las plantas erguidas, firmes, mejorar la aireación y facilitar las labores de manejo dentro de ella.
4. Poda de brotes laterales: se eliminaron los chupones vegetativos que afectan la ventilación y distribución de luz dentro del follaje de la planta, además favorece la formación y desarrollo de botones florales.
5. Deshoje: la práctica se efectuó regularmente para eliminar hojas viejas o senescentes que afectan la llegada y distribución de luz a los frutos retrasando su maduración, así como absorción innecesaria de agua y nutrientes que retrasan el crecimiento de los frutos cuajados o en su caso de la misma planta.
6. Aplicaciones de plaguicidas: la aparición de plagas y enfermedades se previno con aplicaciones preventivas, se trabajó con productos específicos con poca residualidad, seleccionados de acuerdo al diagnóstico visual y las condiciones ambientales. Estas aplicaciones preventivas permitieron mantener el cultivo durante todo el ciclo en condiciones fitosanitarias óptimas y evitar pérdidas de rendimiento.

5.9. Control de plagas y enfermedades

Durante el ciclo del cultivo se registró la presencia de enfermedades, hongos de raíz como es en el caso del *Damping off*, en etapa de plántula y *Pythium* después del trasplante y desarrollo vegetativo, se controlaron con productos según la severidad del problema:

Tabla 3: Productos químicos utilizados con sus respectivas dosificaciones medidas en mililitros por litro (ml/L⁻¹) y gramos por litro (g/L⁻¹).

Enfermedad / Patógeno	Producto	Ingrediente activo	Dosis recomendada*	Tipo de control
<i>Damping-off</i> <i>Pythium spp.</i>	Metalaxyl	Metalaxyl (Metil N-(metoxiacetil)-N-(2,6-xilil)-DL-alaninato)	0.2 ml/L ⁻¹ de agua	Fungicida sistémico
<i>Damping-off</i> <i>Pythium spp.</i>	Captan	Captan (N-Triclorometiltio-4-ciclohexeno-1,2-dicarboximida)	2 g/L ⁻¹ de agua	Fungicida de contacto preventivo
<i>Damping-off</i> <i>Pythium spp.</i>	Trichoderma	<i>Trichoderma harzianum</i>	5 ml/L ⁻¹ de agua	Control biológico

Para el control de las plagas que tuvieron presencia dentro del ciclo del cultivo se aplicaron productos activos de contacto con baja residualidad y según la severidad del problema: como el pulgón, la mosca blanca, gusano, minador, se implementó una rotación de productos como:

Tabla 4: Insecticidas con baja residualidad utilizados con sus respectivas dosificaciones en mililitros por litro de agua (ml/L⁻¹).

Producto	Ingrediente activo	Plagas que controla	Dosis
Toretto	<i>Sulfoxaflor</i>	Chicharrita, pulgón, ninfas de mosquita blanca, pulgón saltador, pulgón de maíz, chinche arlequín, chinche lygus, piojo harinoso.	Razón de 0.5 ml/L ⁻¹
Sivanto	Flupyradifurone	Pulgones, mosca	Razón de 0.5 ml/L ⁻¹

			blanca, psílidos, trips.	
Muralla	Imidacloprid Betacyflutrina	+	Insectos chupadores y masticadores (pulgones, trips, gusanos).	Razón de 0.5 ml/L ⁻¹
New Leverage	Imidacloprid Beta-cyfluthrin	+	Plagas de suelo y follaje, insectos chupadores y larvas.	Razón de 0.5 ml/L ⁻¹
Avamectina	Abamectina		Ácaros, minadores, trips y larvas.	Razón de 0.5 ml/L ⁻¹
Sunfire	Clorfenapir		Trips, ácaros, orugas y plagas resistentes.	Razón de 0.4 ml/L ⁻¹
Overon	Spiromesifen		Mosca blanca y ácaros.	Razón de 0.4 ml/L ⁻¹
Belt	Flubendiamide		Orugas y larvas de lepidópteros.	Razón de 0.3 ml/L ⁻¹
Coragen	Chlorantraniliprole		Gusanos, barrenadores y larvas de lepidópteros.	Razón de 0.2 ml/L ⁻¹

5.10. Cosecha

Al alcanzar la etapa de cosecha (aproximadamente a los 90 días después del trasplante), los frutos de pimiento se recolectaron cuando presentaban más del 50 % de coloración externa (Figura 3). Se cosecharon todos los frutos de cada híbrido experimental evaluado y se marcaron, separándolos en cajas para su correcta identificación. Asimismo, se realizaron dos cortes posteriores; es importante señalar que se permitió una concentración de maduración durante el ciclo del cultivo. La primera cosecha se efectuó aproximadamente el 9 de julio del 2025, la segunda el 25 de julio y la última el 13 de septiembre del mismo año.

Tabla 5: Fechas a días de cosechas después del trasplante.

Cosecha	Días después del trasplante	Fecha de cosecha
1	105	9 de julio del 2025
2	121	25 de julio del 2025
3	171	13 de septiembre del 2025



FIGURA 3: Frutos cosechados teniendo en cuenta un grado de madurez arriba del 50%.

5.11. Variables evaluadas

- Durante la valoración de los ocho híbridos experimentales de pimiento morrón de crecimiento indeterminado, se examinaron diversos parámetros vinculados tanto a la calidad del fruto como a la productividad. Entre las variables consideradas se incluyeron:
- **Rendimiento en gramos por planta (g planta^{-1}):** se pesó la producción de cada planta con una báscula digital OHAUS® Scout®-Pro, sumando los valores obtenidos en todas las cosechas.

- **Número de frutos por planta:** se contó el total de frutos recolectados en cada planta de los distintos híbridos.
- **Peso promedio del fruto:** se estimó dividiendo el peso total de frutos entre el número cosechado por planta, utilizando una báscula digital OHAUS® Scout®-Pro.
- **Longitud de fruto (diámetro polar):** se determinó midiendo la distancia desde la inserción del pedúnculo hasta el extremo opuesto del fruto con un vernier digital Esteren®, registrando los resultados en milímetros y procurando uniformidad en todas las mediciones.
- **Diámetro de fruto (diámetro ecuatorial):** se obtuvo al medir el ancho del fruto en su zona central con un vernier digital Esteren®, anotando los datos en milímetros.
- **Número de lóculos:** se contabilizaron las cavidades internas de cada fruto después de realizar un corte longitudinal en la región media.
- **Grosor del mesocarpio:** se evaluó el espesor de la pulpa en frutos seccionados transversalmente, utilizando un vernier Esteren® y expresando los valores en milímetros.
- **Sólidos solubles totales (°Brix):** se extrajo jugo del fruto y se colocó una gota en un refractómetro digital portátil SOONDA® TD6010 para registrar la lectura en grados Brix.
- **Rendimiento en toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$):** se calculó multiplicando el peso promedio de frutos por planta por la densidad de plantas establecidas por hectárea.
- **Diámetro de tallo:** se determinó midiendo el grosor del tallo de cada planta con un vernier digital Esteren®, tomando la lectura a una altura uniforme sobre la base del tallo para garantizar la consistencia de las mediciones, los valores se registraron en milímetros.
- **Altura de planta:** se determinó midiendo la distancia desde la base del tallo, a nivel del suelo hasta el ápice de crecimiento de la planta, utilizando cinta métrica. Las mediciones se registraron en centímetros, procurando

mantener la cinta en posición vertical para asegurar precisión y uniformidad en los datos.

5.12. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño y modelo estadístico experimental completamente aleatorio con ocho tratamientos y tres repeticiones cada uno para evaluar el comportamiento de los distintos híbridos experimentales, con la finalidad de detectar diferencias significativas entre los híbridos. Los datos se analizaron con el software Infostat® 2022, y se utilizó la prueba de medias de Duncan con un nivel de significancia de $p \leq 0.5$. Esto se realizó con un análisis de varianza con el modelo lineal generalizado, representado por la siguiente ecuación del modelo completamente al azar:

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

Dónde:

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 de gramos por planta (g planta^{-1})

Según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento expresado en gramos por planta (g planta^{-1}) entre los híbridos, tal como se muestra en la Figura 4. El híbrido P0106 presentó la media más alta con 1965 g y se posicionó como el material superior, seguido de P0109, aunque P0111, P0611 y P0609 mostraron valores intermedios de 1754.33 a 1505.33 g, mientras que P0101 registro el valor más bajo con 1276.67 g, confirmando la existencia de variabilidad genética significativa para el carácter evaluado. El rendimiento generalmente está en función de la cantidad de fruto, el tamaño y peso, (Bosland & Votava, 2012; Elizondo-Cabalceta, et al., 2017). En pimiento, señalan amplias variaciones en el rendimiento por planta, fenómeno atribuido a la interacción entre el genotipo-ambiente (Moreno-Pérez, et al., 2011).

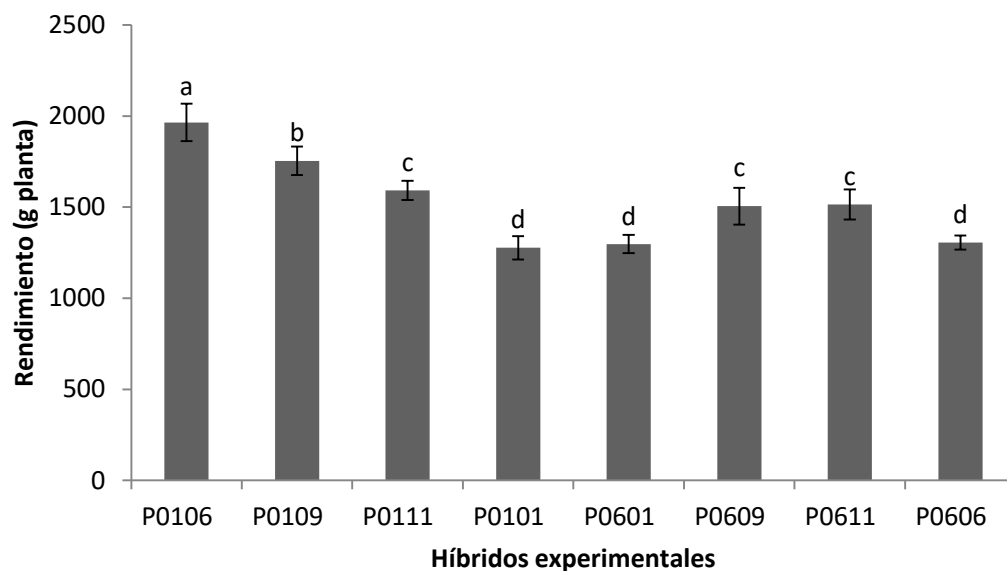


FIGURA 4: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable rendimiento de gramos por planta de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.

6.2. Número de frutos por planta

Según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para número de frutos por planta, se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los híbridos, tal como se muestra en la Figura 5. P0106 y P0111 presentaron los valores más altos con 10.83 y 10.67 frutos por planta seguido de P0109, mientras que el híbrido P0101 tuvo el valor más bajo con 7.67 frutos, los híbridos restantes se mantuvieron intermedios. Los híbridos con valores de 10.8 y 10.6 frutos por planta tienen un rendimiento alto, existen reportes de 8 a 12 frutos por planta en sistema protegidos por el manejo agronómico y el ambiente (Bosland & Votava, 2012; Marcelis y Baan Hofman-Eijer, 1997). La producción de frutos está en función con el acarreo de fotoasimilados hacia los órganos reproductivos, carácter relacionado al potencial productivo (Cuello Moreno, J. 2015).

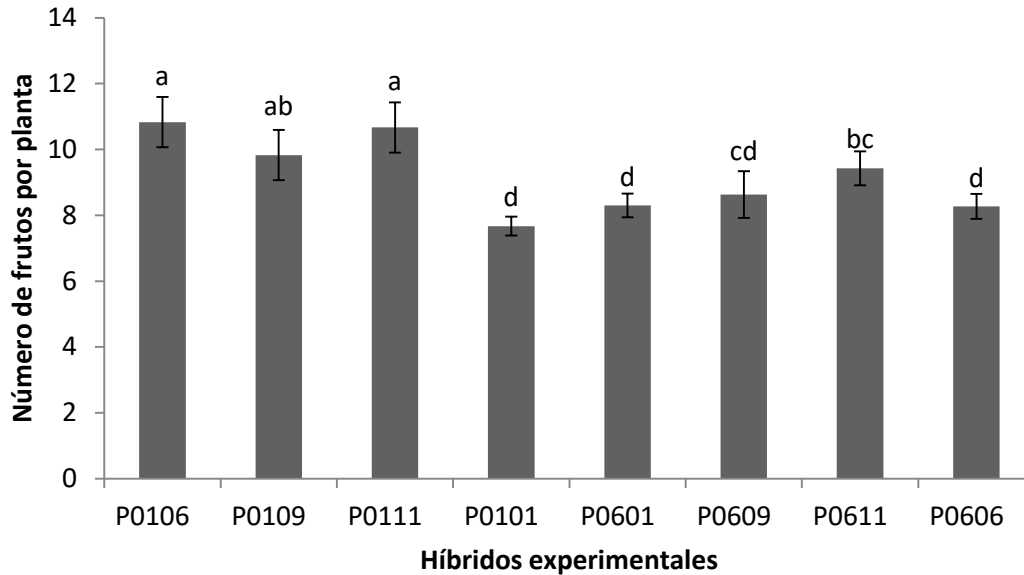


FIGURA 5: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable número de frutos por planta de ocho híbridos experimentales de pimienta probados bajo invernadero.

6.3. Peso promedio de fruto

Según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para peso promedio de fruto, se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre híbridos, tal como se muestra en la Figura 6. La prueba de Duncan indicó que P0106 y P0109 se posicionaron con las medias más altas con 182.08 g y 178.73 g, seguido de P0609 y P0101, en tanto que P0611, P0606 y P0601 integraron los valores intermedios, finalmente P0111 presentó la media más baja con 149.86 g siendo el híbrido de menor peso medio. En los híbridos un peso promedio superior, se obtiene de la producción de frutos con mayor tamaño y uniformidad, esto debido a la alta distribución de fotoasimilados a las estructuras reproductivas (Bosland & Votava, 2012). Las diferencias en peso promedio se deben a factores genéticos y fisiológicos, ya que el tamaño y la masa del fruto se deben a la división y expansión celular, la disponibilidad de nutrientes, buen riego y la interacción genotipo-ambiente (Marcelis, et al., 2004).

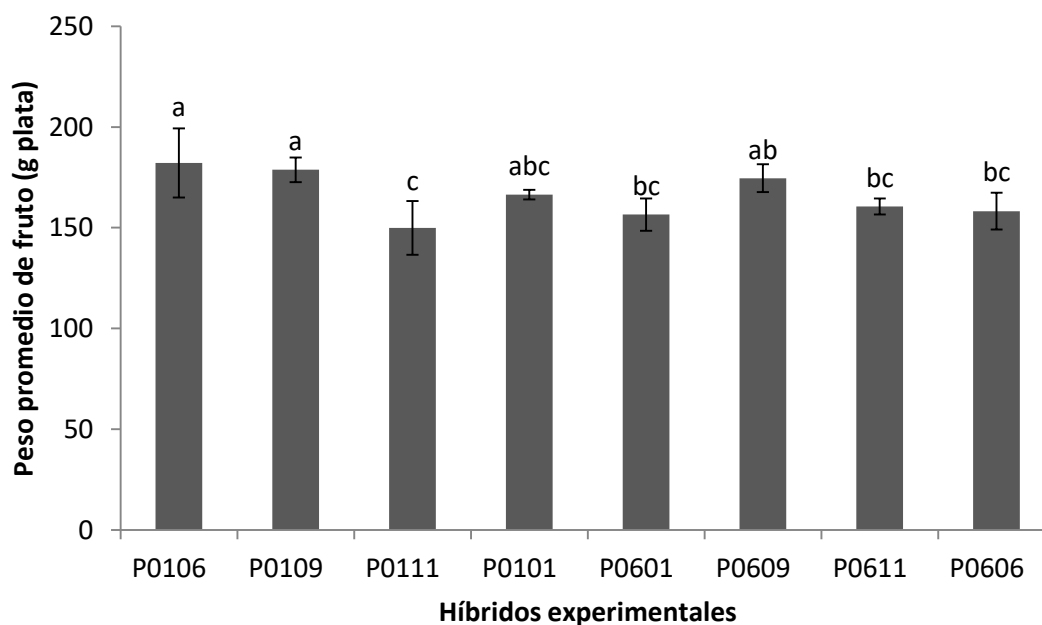


FIGURA 6: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable peso promedio de fruto de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.

6.4. Longitud de fruto

Según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para longitud de fruto, se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los híbridos, tal como se muestra en la Figura 7. La prueba de Duncan indicó que a excepción de P0611 y P0606, los híbridos mostraron una respuesta estadística similar pero superior a los antes citados. Los genotipos con mayores longitudes en frutos se deben a división y expansión celular durante el crecimiento temprano del fruto, debido a la translocación de fotoasimilados hacia el fruto (Bosland & Votava, 2012). Las diferencias entre materiales se deben a la variabilidad genética, la interacción genotipo-ambiente y el balance fisiológico entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (Marcelis, et al., 2004).

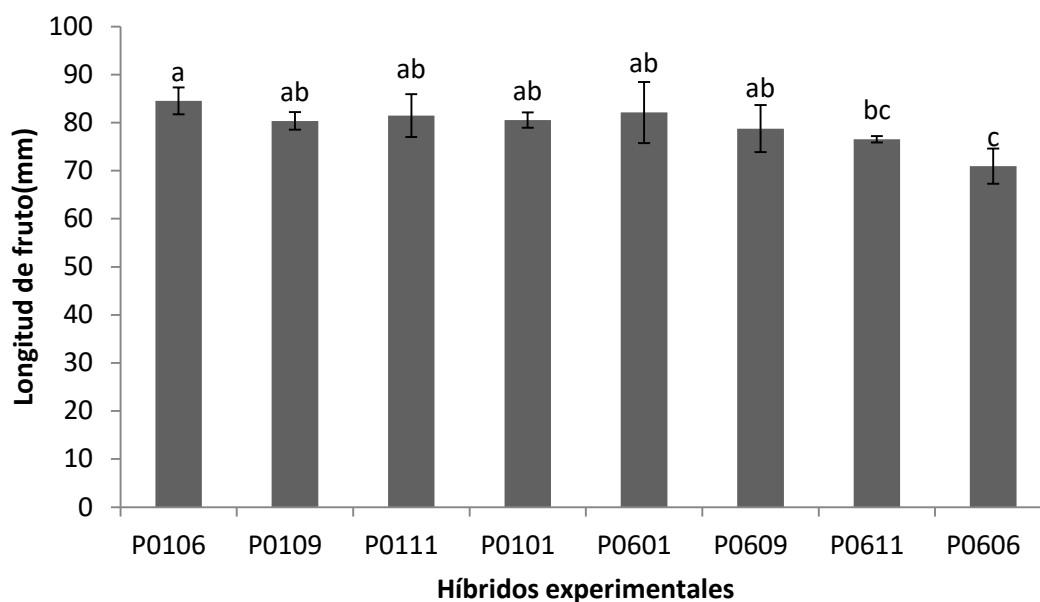


FIGURA 7: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable longitud del fruto de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.

6.5. Diámetro de fruto

Según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para diámetro de fruto, se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los híbridos, tal como se muestra en la Figura 8. La prueba de Duncan mostró que P0106 se ubicó como el genotipo superior con 89.13 mm, aunque estadísticamente similar a la mayoría de los híbridos con excepción de P0611 que quedó como el genotipo con la media más inferior con 79.97 mm siendo el genotipo más inferior. El diámetro del pimiento es un rasgo cuantitativo regulado por varios genes y altamente sensible a la selección en programas de mejoramiento genético (Bosland & Votava, 2012). La variabilidad morfológica se atribuye tanto a su control poligénico como a la interacción entre genotipo-ambiente y factores como nutrición, densidad de siembra y disponibilidad de agua (Bosland & Votava, 2012; IPGRI, 1995).

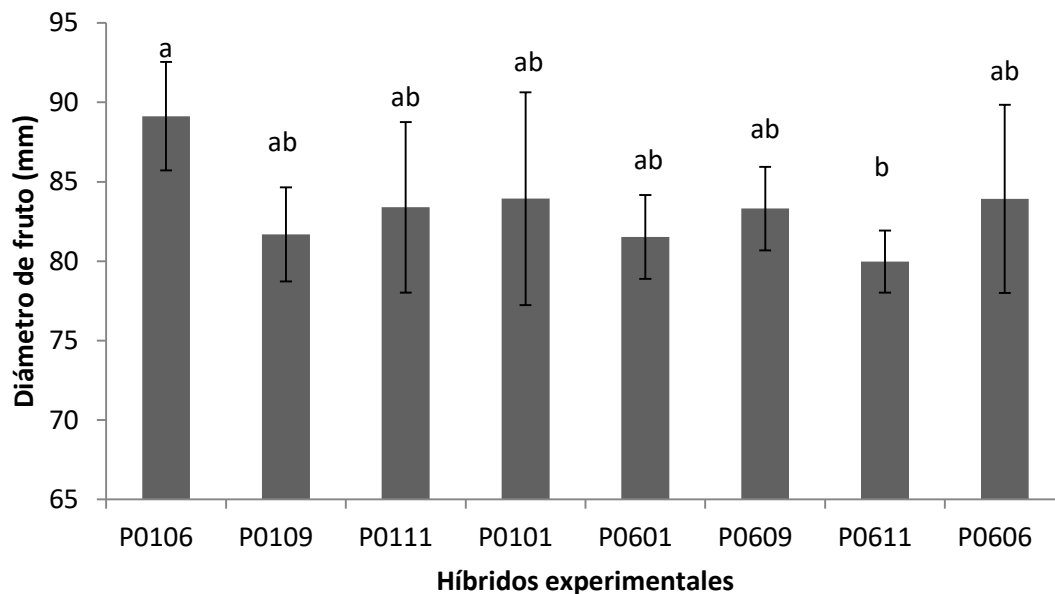


FIGURA 8: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable diámetro de fruto de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.

6.6. Número de lóculos

Según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para número de lóculos, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los híbridos, tal como se muestra en la Figura 9. La prueba de Duncan mostró que todos los materiales son estadísticamente similares, aunque los híbridos P0111 y P0101 presentaron el valor numéricamente más alto con 4.33 lóculos, y el resto registró valores de 4.00 siendo variaciones mínimas estadísticamente no detectables y homogéneas. Los híbridos con cuatro lóculos tienen mayor subdivisión interna lo que le da un mayor tamaño con paredes más gruesas, que son preferidos para el mercado (Bosland & Votava, 2012). Materiales con tres lóculos tienen estructuras interna menos segmentada produciendo frutos de menor volumen y alargados (IPGRI, 1995). Carácter controlado por genes que regulan la formación del ovario y la disposición de los carpelos, debido a la interacción entre el genotipo-ambiente durante la diferenciación floral (Paran & van der Knaap, 2007).

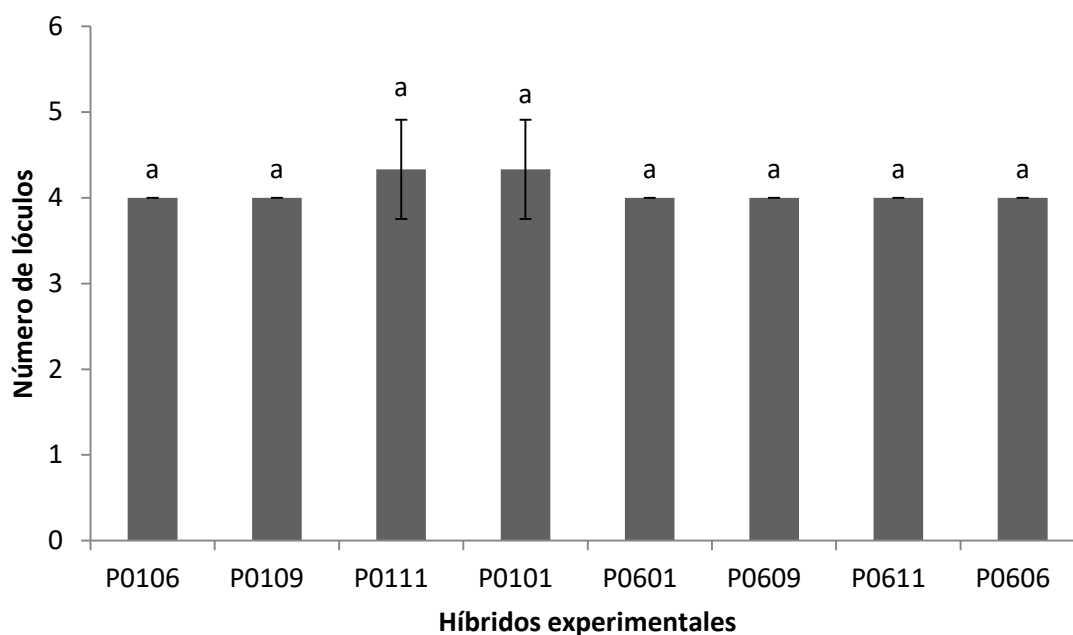


FIGURA 9: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable número de lóculos de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.

6.7. Grosor de mesocarpio

Según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para grosor de mesocarpio, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los híbridos, tal como se muestra en la Figura 10. Según la prueba de Duncan, todos están en la misma categoría estadística, aunque se observan variaciones numéricas de 7.41 mm en P0601 y 6.52 mm en P0606. El grosor del mesocarpio está en función de las condiciones del manejo agronómico, el potencial genético del material como por factores ambientales, tales como la nutrición, la disponibilidad de agua y las condiciones de crecimiento, que pueden modificar la expresión fenotípica del fruto (Cuello Moreno, J. 2015).

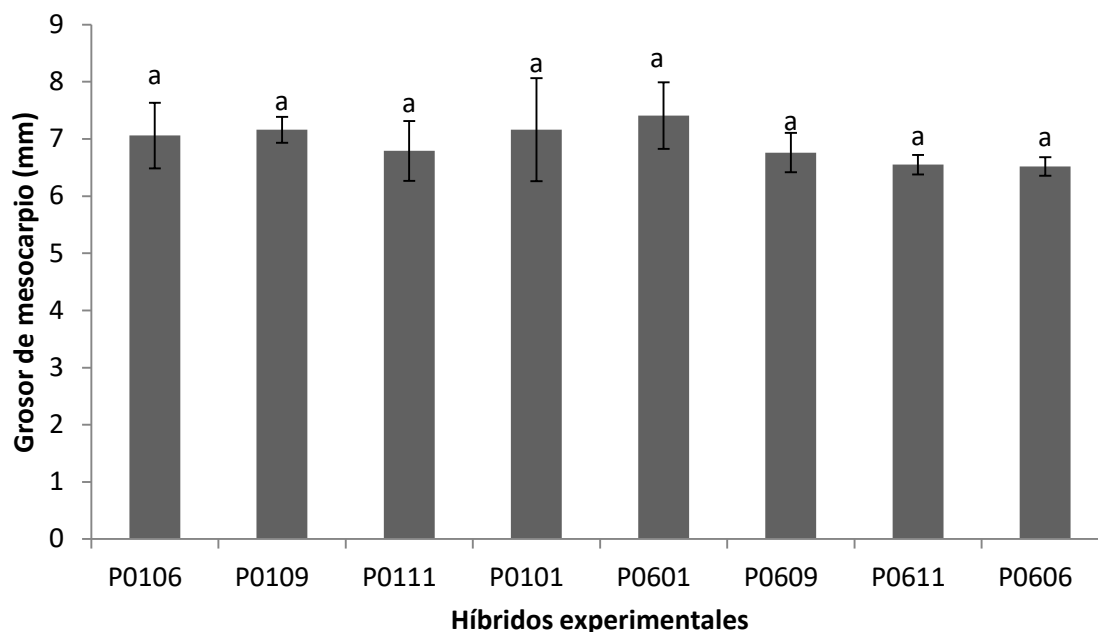


FIGURA 10: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable grosor de mesocarpio de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.

6.8. Sólidos solubles totales (°Brix)

Según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para sólidos solubles totales (°Brix), se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los híbridos, tal como se muestra en la Figura 11. La prueba de Duncan mostro que el híbrido P0611 presentó la media más alta con 8.07 ubicándose como el híbrido de mejor desempeño para la variable evaluada, seguido de los híbridos P0101, P0606, P0109 se posicionan en un nivel intermedio, mientras que P0609 y P0111 tuvieron los menores valores. La concentración final de azúcares en el fruto está en función a los procesos de la fotosíntesis, el transporte de asimilados vía floema y el almacenamiento de carbohidratos (Cuello Moreno, J. 2015).

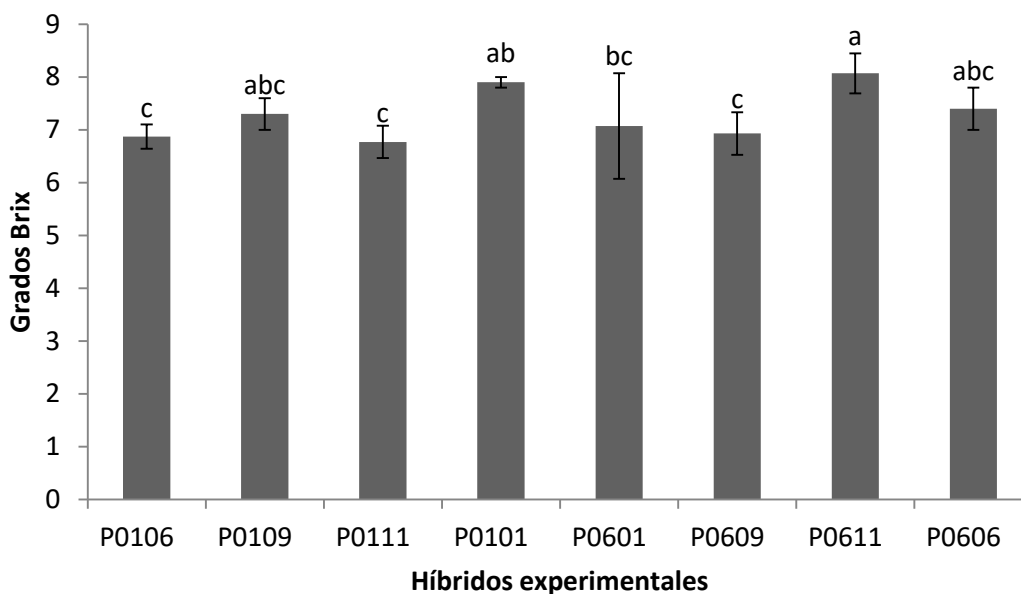


FIGURA 11: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable Grados °Brix de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.

6.9. Rendimiento calculado en toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$)

Según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para rendimiento calculado en toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$), se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre híbridos, como se muestra en la Figura 12. La prueba de Duncan mostro que el híbrido P0106 presentó el valor más alto con $62.88\ t\ ha^{-1}$, siendo el material superior, seguido del híbrido P0109, en tanto que P0606, P0601 y P0101 presentaron los valores más bajos con 41.79, 41.53, y $40.85\ t\ ha^{-1}$, el resto se de los híbridos se mantuvieron intermedios. El rendimiento está en función de la interacción genotipo-ambiente, la capacidad para transformar recursos como agua, luz y nutrientes en biomasa destinada al fruto (Bosland & Votava, 2012).

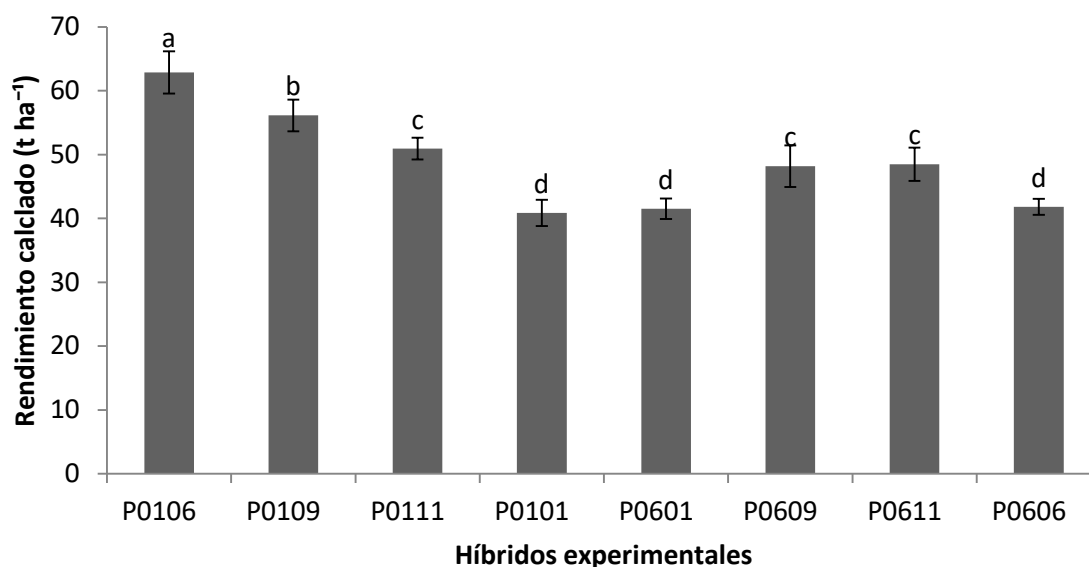


FIGURA 12: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable de rendimiento calculado en toneladas por hectárea de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.

6.10. Diámetro de tallo

Según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para diámetro de tallo, se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los híbridos, tal como se muestra en la Figura 13. La prueba de Duncan mostro que P0106 y P0601 son los materiales con mejor desempeño con valores de 15.52 mm y 13.95 mm siendo estadísticamente iguales y no difieren entre sí, P0101 registro el valor más bajo con 8.75 mm y el resto de los híbridos se quedaron en un nivel intermedio. El diámetro del tallo en los híbridos indica vigor vegetativo y solidez estructural esto debido a un mayor transporte de agua y fotoasimilados (Cuello Moreno, J. 2015; Hopkins & Hüner, 2009). El diámetro del tallo se asocia con vigor, productividad y resistencia a factores de estrés mecánico y ambiental (Larcher, 2003; Cuello Moreno, J. 2015).

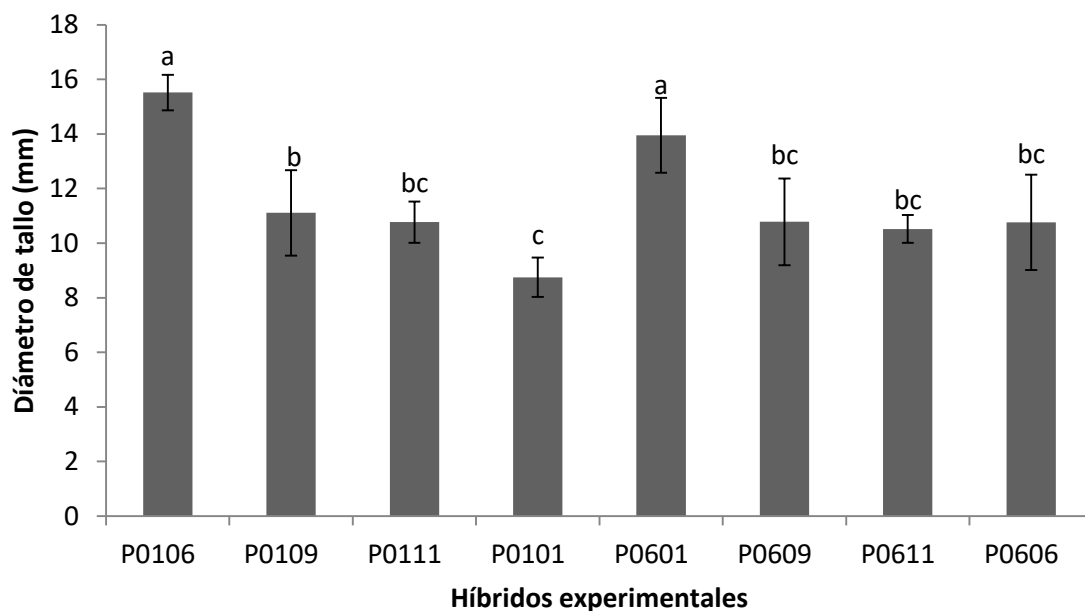


FIGURA 13: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable diámetro del tallo de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.

6.11. Altura de planta

Según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) para altura de planta, se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre genotipos, como se muestra en la Figura 14. La prueba de Duncan confirma variabilidad estadística para la variable evaluada, el híbrido P0109 se ubicó en el primer lugar destacando como el material de mejor desempeño con 113.83 cm, los valores más bajos corresponden a P0101 y P0606 presentando el desempeño más inferior con 79.42 cm y 78.75 cm, el resto de los híbridos quedaron en una posición intermedia. El vigor vegetativo indica mayor capacidad de desarrollo debido a que tiene una fotosíntesis más eficiente y una mejor competencia por los recursos disponibles (Cuello Moreno, J. 2015). Es un comportamiento cuantitativo determinado por base genética así como factores ambientales y manejo agronómico, como la nutrición, la densidad de siembra y el clima (Bosland & Votava, 2012; Wien, 1997).

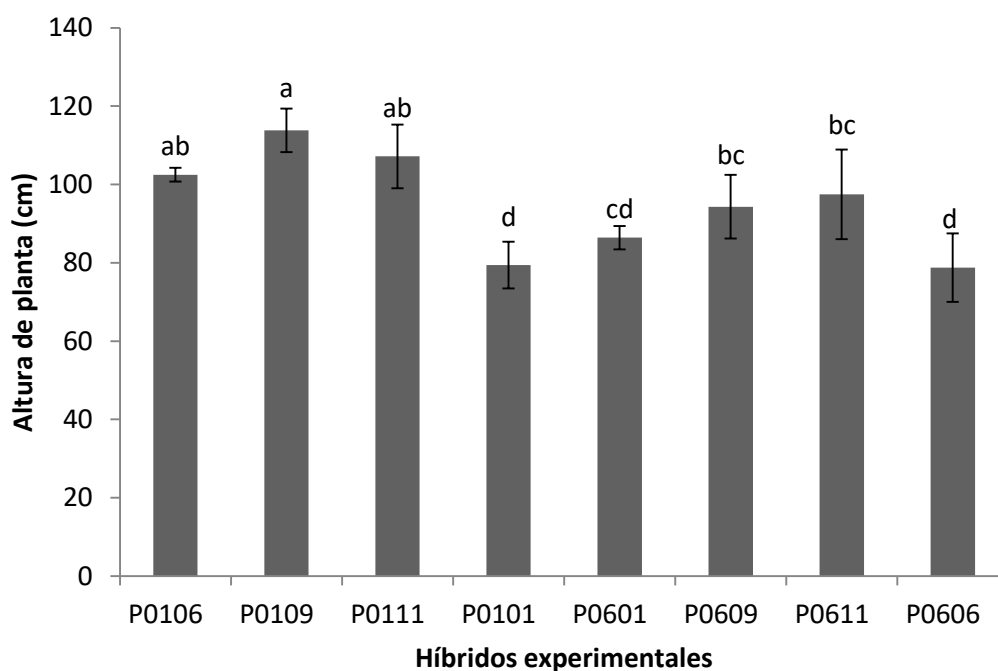


FIGURA 14: Prueba de medias (Duncan $p \leq 0.05$), de la variable altura de planta de ocho híbridos experimentales de pimiento probados bajo invernadero.

7. CONCLUSIONES

El desempeño agronómico y las propiedades fisicoquímicas de los híbridos experimentales mostraron diferencias significativas importantes, lo que confirma la existencia de variación genética entre ellos específicamente a la adaptación al ambiente de evaluación. Esto muestra que cada uno posee características propias de interés que pueden utilizarse en futuros programas de mejoramiento para desarrollo de nuevos materiales que integren las características más destacables para la generación de híbridos de interés comercial.

Con base al desempeño agronómico, el híbrido P0106 tuvo un mejor desempeño en longitud de fruto, diámetro de fruto, rendimiento en gramos por planta como en rendimiento calculado en toneladas por hectárea. Para la variable, número de frutos por planta destacaron los híbridos P0106 y P0111. Para sólidos solubles el híbrido que destaco frene a los demás fue P0611. En cuanto al peso promedio de fruto, los híbridos con mejor desempeño fueron P0106 y P0109. En el diámetro del tallo, los híbridos con mejor potencial fueron P0106 y P0601. Para finalizar el híbrido que destaco en altura de planta fue P0109. Asimismo, dichos híbridos podrían evaluarse en distintos sistemas de producción con el fin de estudiar su comportamiento multiambiental para verificar su estabilidad genética.

8. LITERATURA CITADA

- Aguirre-Hernández, E., & Muñoz-Ocoter, V. (2015). Compuestos bioactivos y pigmentos naturales en *Capsicum* spp. y su potencial industrial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(3), 543–556.
- Aguirre-Mancilla, C. L., Iturriaga-De la Fuente, G., Ramírez-Pimentel, J. G., Covarrubias-Prieto, J., Chablé-Moreno, F., & Raya-Pérez, J. C. (2017). El chile (*Capsicum annuum* L.), cultivo y producción de semilla. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México*, 5(1), 19–31.
https://www.somecta.org.mx/Revistas/2017-1/2017-1/Art-REV_Mns_EL%20CHILE.pdf
- BASF. (s. f.). *Guía técnica del cultivo de pimiento: manejo agronómico, nutrición y protección vegetal*.
<https://www.agro.basf.es/es/Camposcopio/Secciones/Enfermedades-y-plagas/plagas-y-enfermedades-del-pimiento-bajo-invernadero/> (consultado el 13 de febrero 2026).
- Bosland, P. W., & Votava, E. J. (2012). *Peppers: Vegetable and spice capsicums* (2nd ed.). CABI. <https://doi.org/10.1080/01140671.2012.745161>
- Chhapekar, S. S., Jaiswal, V., Ahmad, I., Gaur, R., & Ramchiary, N. (2018). Progress and prospects in *Capsicum* breeding for biotic and abiotic stresses. En S. Vats (Ed.), *Biotic and abiotic stress tolerance in plants* (pp. 279–322). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-9029-5_11
- Cuello Moreno, J. (2015). *Plant physiology and development, sixth edition* [Reseña del libro *Plant physiology and development*, de L. Taiz, E. Zeiger, I. M. Møller & A. Murphy]. *Anales de Biología*, 37, 163–165.
- De Santiago, J. (2009). Dinámico crecimiento: Desarrollo y rentabilidad de proyectos de pimientos en invernadero. *Revista Productores de Hortalizas*.

<http://www.hortalizas.com/pdh/?storyid=1723> (Consultado el 20 de febrero 2026).

Elizondo-Cabalceta, E., & Monge-Pérez, J. E. (2017). Evaluación de rendimiento y calidad de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 30(4), 3–14. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3407>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). *FAOSTAT statistical database*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>

Hein, T. (2017). A closer look at sweet pepper breeding and its challenges. *European Seed Newsletter*, 4(4). <http://european-seed.com/closer-look-sweet-pepper-breeding-challenges/> (consultado el 23 de febrero 2026).

Hernández-Acosta, A., Sandoval-Rangel, A., Betancourt-Galindo, R., Flores-Naveda, A., Álvarez-Vázquez, P., & Camposeco-Montejo, N. (2024). Desempeño agronómico de cuatro genotipos de chile poblano a campo abierto en el sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(8), e3021. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i8.3021>

Hopkins, W. G., & Hüner, N. P. A. (2009). *Introduction to plant physiology* (4th ed.). Wiley.

Huertos Ramírez, J. A., Marín Cortez, M. P., Gordillo Melgoza, F. A., Flores Naveda, A., García Rodríguez, A. F., & Camposeco Montejo, N. (2025). Agronomic performance of experimental poblano chili hybrids in open-field conditions in Coahuila, Mexico. *International Journal of Plant & Soil Science*, 37(1), 241–250. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2025/v37i15268>

International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC), & Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (1995). *Descriptors for Capsicum (Capsicum spp.)*. IPGRI.

- 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>
- Larcher, W. (2003). *Physiological plant ecology: Ecophysiology and stress physiology of functional groups* (4th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-05214-6>
- Larregla, S. (2003). *Etiología y epidemiología de la tristeza del pimiento en Bizkaia: su control* (Tesis doctoral, Universidad del País Vasco). https://www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur46/Lurralde-46-2023_Ojinaga_Larregla.pdf
- Marcelis, L. F. M., & Baan Hofman-Eijer, L. R. (1997). Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum*. *Annals of Botany*, 79(6), 687–693. <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0402>
- Marcelis, L. F. M., Heuvelink, E., & Goudriaan, J. (2004). Modelling biomass production and yield of horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 100(1–4), 83–111. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00083-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00083-1)
- Moreno-Pérez, E., 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(2), 1–14. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000500002
- Ortiz Arellano, J. U. (2024). *Evaluación de una variedad criolla de chile poblano (Capsicum annuum L.) bajo condiciones de invernadero* (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro). <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/11079>

- Paran, I., & van der Knaap, E. (2007). Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits in tomato and pepper. *Journal of Experimental Botany*, 58(14), 3841–3852. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm257>
- Parisi, M., Alioto, D., Tripodi, P., & Cardi, T. (2020). Breeding for resistance to powdery mildew in pepper: Current status and future perspectives. *Agronomy*, 10(4), 1–16.
- Parisi, M., Alioto, D., Tripodi, P., & Cardi, T. (2020). Powdery mildew (*Leveillula taurica*) in pepper: Biology, epidemiology and control strategies. *Plant Pathology Journal*, 36(5), 421–435.
- Pérez-Grajales, M., Rodríguez-Pérez, J. E., Sahagún-Castellanos, J., & Peña-Lomelí, A. (2018). HAP14F híbrido de chile ancho poblano para el Altiplano de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2), 437–441. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1088>
- Pickersgill, B. (1989). Cytogenetics and evolution of *Capsicum* L. En J. G. Hawkes, R. N. Lester, & A. D. Skelding (Eds.), *The biology and taxonomy of the Solanaceae* (pp. 139–160). Academic Press.
- Russo, V. M. (2012). *Peppers: Botany, production and uses*. CABI. https://books.google.com.mx/books?id=dA5mkzfmATEC&pg=PA73&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false
- Sanogo, S. (2006). Predisposing factors for *Phytophthora capsici* infection and disease development in chile pepper. *Plant Disease*, 90(6), 713–720.
- Sanogo, S., & Ji, P. (2012). Integrated management of *Phytophthora capsici* on solanaceous and cucurbitaceous crops: Current status, gaps in knowledge and research needs. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 34(4), 479–492. <https://doi.org/10.1080/07060661.2012.732117>

- SENASICA. (2023). *Funciones y atribuciones institucionales en sanidad, inocuidad y calidad agroalimentaria*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/senasica/videos/que-es-el-senasica>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2010). *Anuario estadístico de la producción agrícola: chile y pimienta en México*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). *Estadísticas de producción agrícola por cultivo y entidad federativa*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2012). *Reporte estadístico del comercio exterior agroalimentario de México*. Sistema de Información Comercial Agropecuaria (SICAGRO). <https://www.gob.mx/agricultura>
- Sonawane, V. B., & Shinde, H. P. (2021). Enfermedad antracnósica de *Capsicum annuum* L. y su manejo del control biológico: Una revisión. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 9(2), 172–176. <https://doi.org/10.12691/aees-9-2-8>
- Wien, H. C. (Ed.). (1997). Dry matter partitioning in vegetable crops. En H. C. Wien (Ed.), *The physiology of vegetable crops* (pp. 21–45). CAB International. <https://doi.org/10.1079/9781786393777.0071>