

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación Agronómica de Genotipos de Chile Poblano
(*Capsicum annuum* L.) a Campo Abierto

Por:

ALDO SAÚL MUÑOZ CORTÉS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2025

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación Agronómica de Genotipos de Chile Poblano
(*Capsicum annuum* L.) a Campo Abierto

Por:

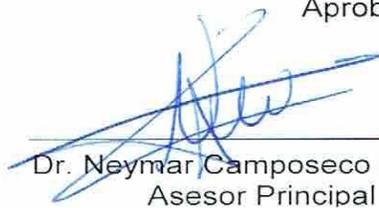
ALDO SAÚL MUÑOZ CORTÉS

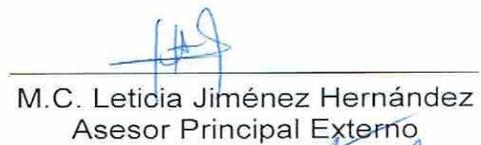
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

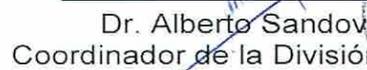
Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Neymar Camposeco Montejo
Asesor Principal


M.C. Leticia Jiménez Hernández
Asesor Principal Externo


Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor


Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2025

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

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

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

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

PASANTE



Aldo Saúl Muñoz Cortés

AGRADECIMIENTO

A **Dios** todopoderoso por darme la oportunidad de vivir y luchar por este sueño. Gracias por guiarme en cada paso, por poner en mi camino a personas que me han ayudado, y por darme la fortaleza para seguir adelante con esperanza y fe, confiando en cada momento del camino.

A mis padres, **Valentín Muñoz Torres** y **M. del Carmen Cortés Rojas**, quienes, a pesar de las dificultades, siempre me brindaron su apoyo para que pudiera culminar mis estudios. Estoy profundamente agradecido por el esfuerzo y sacrificio que hicieron por mí y por mi hermano. Su dedicación será siempre un ejemplo que llevaré en mi corazón.

A mi querida **Alma Mater**, la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por abrirme las puertas de su institución y brindarme las herramientas necesarias para forjarme como profesional. Gracias por cada aprendizaje, por cada oportunidad y por ser el espacio donde mis sueños y aspiraciones han encontrado un camino hacia el futuro. Con gratitud y compromiso, siempre llevaré conmigo todo lo aprendido.

Al **Dr. Neymar Camposeco Montejo** por darme la oportunidad y confianza de realizar este proyecto de investigación, por ser un gran maestro. A cada uno de los docentes que me impartieron clases, mi más sincero agradecimiento. Cada enseñanza, cada lección, ha sido invaluable y ha contribuido de manera significativa en mi crecimiento personal y profesional.

A **Miguel Ángel Vázquez Ruiz**, por ser un gran amigo y maestro. Gracias por todos los consejos y enseñanzas que me diste. Tu apoyo y guía han sido fundamentales en mi crecimiento, tanto personal como profesional.

Quiero agradecer a **Rancho el Paraíso** y a las **familias Palacios Mireles**, **Reséndiz Palacios** y **Palacios Ramírez** por abrirme generosamente las puertas de su hogar y brindarme ese cálido ambiente familiar que tanto valoro. Su hospitalidad y amabilidad me hicieron sentir como en casa, y siempre estaré agradecido por su apoyo y afecto.

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mis **abuelos Herminia Rojas Gonzales, José Odilón Muñoz, Martha Rojas Gonzales y Aurelio Cortés Muñoz**, quienes siempre creyeron en mí y me ofrecieron su amor incondicional. A pesar de su partida, su presencia sigue viva en cada paso que doy. Aunque ya no los tenga físicamente a mi lado, su espíritu sigue guiando mis decisiones por alcanzar mis sueños. Este trabajo es un tributo a su memoria y a todo lo que hicieron por mí, con la esperanza de que dondequiera que estén, puedan sentirse orgullosos.

A mi hermano, **José Nefalí Muñoz Cortés**, por ser mi inspiración constante para seguir adelante. Su apoyo, fortaleza y ejemplo de perseverancia me motiva a no rendirme nunca, incluso en los momentos más difíciles.

Aaron Fabian Cárdenas Huerta, siempre has estado ahí en los momentos importantes, compartiendo risas y consejos. Tu lealtad, apoyo y la manera en que entiendes todo sin necesidad de palabras son cosas que valoro más de lo que imaginas.

A cada uno de mis **familiares**, que me han apoyado incondicionalmente, brindándome su cariño, comprensión y fortaleza en los momentos más difíciles. Gracias por creer en mí y por estar siempre a mi lado, su apoyo ha sido fundamental para que siga adelante.

A, **Montserrat Vega Zavala**, por ser mi luz en los momentos oscuros y por regalarme una razón para seguir soñando cada día.

Adabelle Yarazet Hernández Hernández, tu energía positiva y tu alegría son contagiosas, y siempre logras sacar una sonrisa incluso en los días más difíciles.

Quiero dedicarle mi trabajo a cada uno de mis amigos:

Aracely Yocelin Casillas Morin, Paola Estefani Segura González,

Karol Valdespino Gutiérrez, Yesica Alejandra Santana Garcia ,Denisse Estefany

Sanchez Tolentino, America Yezebeth Guerrero Córdoba, Benito Ortega

Guadalupe, Alan Josué Hernández Gómez, Gabriel Aldair Soto Sánchez, Juan

Pablo Rivas Luna, Elena Zamora y Max Israel Sánchez Fajardo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	2
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivos específicos	2
III. HIPÓTESIS	2
3.1. Hipótesis nula.....	2
3.2. Hipótesis alternativa.....	2
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
4.1. Origen del cultivo	3
4.2. Taxonomía del chile poblano	4
4.3. Descripción botánica.....	5
4.3.1. Planta.....	5
4.3.2. Sistema Radicular.....	5
4.3.3. Tallo principal.....	5
4.3.4. Hoja	5
4.3.5. Flor.....	5
4.3.6. El Fruto	5
4.4. Factores climáticos y del suelo que favorecen al cultivo	6
4.5. Principales plagas que atacan al cultivo	7
4.5.1. Picudo del chile (<i>Antonomus eugenii</i>).....	7
4.5.2. Pulgón saltador (<i>Bactericera cockerelli</i>).....	7
4.5.3. Mosquita blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	7
4.5.4. Trips (<i>Thysanoptera</i>).....	8
4.5.5. Minador de la hoja (<i>Liriomyza spp.</i>)	8
4.5.6. Araña roja de dos manchas (<i>Tetranychidae</i>)	8
4.6. Enfermedades en el Cultivo de Chile	8
4.6.1 Enfermedades virales	9

4. 7. Importancia del cultivo a nivel mundial.....	9
4.8. Importancia social y cultural del cultivo de chile.....	9
4.9. Producción nacional del chile poblano en México.....	9
4.10. Propiedades nutraceuticas del chile.....	10
4.11. La pungencia del fruto del chile.....	11
4.12. Mejoramiento genético.....	11
4.13. Técnicas de mejoramiento vegetal aplicadas en <i>Capsicum</i>	12
4.13.1. Selección masal.....	13
4.13.2. Método por pedigrí.....	13
4.13.3. Descendiente de una sola semilla.....	14
4.13.4. Selección por retrocruza.....	14
4.13.5. Hibridación.....	15
4.14. Importancia de realizar evaluaciones agronómicas.....	15
V. Materiales y métodos.....	17
5.1. Ubicación y localización.....	17
5.2. Condiciones ambientales en el año de evaluación.....	17
5.3. Material vegetal.....	17
5.4. Manejo del cultivo.....	17
5.4.1. Siembra.....	17
5.4.2. Preparación del terreno.....	18
5.4.3. Trasplante.....	18
5.4.4. Manejo nutricional.....	18
5.4.5. Manejo fitosanitario.....	19
5.4.6. Frecuencia de riego.....	19
5.4.7. Cosecha.....	19
5.5. Tratamientos evaluados.....	19
5.6. Variables.....	19
5.6.1. Rendimiento.....	20
5.6.2. Ancho de la base del fruto.....	20
5.6.3. Ancho de la parte media del fruto.....	20
5.6.4. Longitud del fruto.....	20
5.6.5. Grosor de mesocarpio.....	20

5.6.6. Longitud del pedúnculo	20
5.6.7. Profundidad del cáliz.....	21
5.6.8 Número de lóculos	21
5.7. Diseño estadístico.....	21
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
6.1. Rendimiento	22
6.2. Ancho de la base del fruto.....	23
6.3. Ancho de la parte media del fruto	24
6.4. Longitud del fruto	25
6.5. Grosor del mesocarpio	26
6.6. Longitud del pedúnculo	27
6.7. Profundidad del cáliz.....	28
6.8. Número de lóculos	29
VII. Conclusión	30
VIII. Bibliografía	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción Nacional de chile en verde en el año 2023.....10

Cuadro 2. Dosis de fertilización al 100%.....18

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable rendimiento en kilogramos por planta de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.....22
- Figura 2.** Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable ancho de la base del fruto de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.....23
- Figura 3.** Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable ancho de la parte media del fruto de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.....24
- Figura 4.** Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable longitud del fruto de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.....25
- Figura 5.** Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable grosor del mesocarpio de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.....26
- Figura 6.** Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable longitud del pedúnculo grosor de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.....27
- Figura 7.** Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable profundidad de cáliz de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.....28
- Figura 8.** Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable número de lóculos de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.....29

RESUMEN

En México, el chile poblano tiene gran importancia gastronómica, económica y social por ser ingrediente básico de platillos tradicionales, para el mercado en fresco y en seco. En nuestro país se sembraron 17,592.37 hectáreas, de las cuales se obtuvo una producción de 480,936.t ha⁻¹ generando ganancias de 5,381 millones de pesos. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en un terreno de 48 m², ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con una temperatura media anual de 16.4 °C y una precipitación promedio de 370 mm anuales, con un clima cálido-templado semi desértico. Se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. El análisis de varianza (ANOVA) se realizó en el programa estadístico "infostat 2020" ($p \leq 0.05$). Además, se realizó la prueba de medias "Tukey" con una significancia de 0.05%. Se analizaron tres genotipos y el híbrido F402 F₁ de chile poblano, pertenecientes al CCDTS de la UAAAN, así como un híbrido comercial de SEMINIS denominado Carranza F₁. Las variables evaluadas fueron: rendimiento, ancho de la base del fruto, ancho de la parte media del fruto, longitud del fruto, grosor del mesocarpio, longitud del pedúnculo, profundidad del cáliz y número de lóculos. El híbrido Carranza F₁, el híbrido F401 F₁ y el genotipo tres (GENOT 2) fueron superiores en rendimiento (0.49, 0.39 y 0.33 kg planta⁻¹), ancho de la base del fruto (62.15, 53.77 y 50.27 mm), ancho de la parte media del fruto (55.32, 49.44 y 44.64 mm), los dos híbridos también fueron superiores en grosor del mesocarpio (3.22 y 3.03 mm). En las variables longitud del fruto y longitud del pedúnculo no existieron diferencias estadísticas significativas. Carranza F₁ (17.18 mm) y el genotipo tres (14.04) fue superior en la variable profundidad del cáliz. El genotipo uno (GENOT 1) y el genotipo 3 (GENOT 3) sobresalieron para la variable de número de lóculos (2.28 y 2.22 lóculos planta⁻¹).

Palabras clave: *Capsicum annuum*, rendimiento, evaluación agronómica, mejoramiento genético.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile en México tiene gran relevancia por su origen y domesticación. Existen pruebas arqueológicas que muestran que el chile se cultivaba desde el 7000 hasta el 2555 a.C. en lugares como la Cueva de Coaxtlán, el Valle de Tehuacán, Puebla, Ocampo, Tamaulipas y Mitla, Oaxaca. (Perry *et al.*, 2007).

Por otra parte, el mejoramiento genético es una ciencia y un arte que permite modificar y mejorar la herencia de las plantas. El objetivo del fitomejorador es obtener variedades de plantas con características superiores, como una mayor resistencia a las bajas y altas temperaturas, a la sequía, así como a enfermedades y daños causados por insectos. Este proceso busca aumentar el rendimiento y la productividad de los cultivos, garantizando la adaptación de las plantas a condiciones ambientales adversas. Por eso, es importante realizar mejoramiento genético, ya que contribuye a la mejora continua de los cultivos y asegura su resistencia frente a desafíos ambientales (Lenaerts *et al.*, 2019).

La dependencia de empresas transnacionales para la venta de semillas tiene implicaciones tanto positivas como negativas. Entre las positivas se encuentran el acceso a semillas de alta calidad y la posibilidad de mejorar la productividad agrícola. Sin embargo, las desventajas incluyen la pérdida de autonomía para los productores mexicanos, los altos costos de las semillas y la posible pérdida de biodiversidad agrícola, ya que las semillas tradicionales o locales son reemplazadas por variedades más estandarizadas. Una alternativa viable es fomentar el mejoramiento genético local, desarrollando semillas adaptadas a las condiciones de cada región, esto promovería la autosuficiencia, reduciría costos y protegería la biodiversidad agrícola, combinando conocimientos tradicionales con técnicas de mejoramiento para crear un modelo agrícola más sostenible y robusto. Este enfoque equilibrado no solo conservaría la biodiversidad, sino que también promovería un modelo agrícola más sostenible y resistente frente a desafíos globales como el cambio climático. Además, apoyaría la creación de una red de intercambio de semillas entre productores de cada región, lo que fortalecería la colaboración comunitaria y la preservación de variedades locales.

II. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Evaluar el desempeño agronómico de tres genotipos, un híbrido experimental y un híbrido comercial de chile poblano a campo abierto.

1.2. Objetivos específicos

Evaluar el rendimiento y componentes de rendimiento de tres genotipos, un híbrido experimental y un híbrido comercial de chile poblano a campo abierto.

Identificar a través del rendimiento y componentes de rendimiento genotipos de chile poblano con potencial para continuar con un programa de mejoramiento genético.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis nula

H_0 : No existirá diferencia entre los tres genotipos evaluados y los dos híbridos probados.

3.2. Hipótesis alternativa

H_1 : Al menos uno de los tres genotipos experimentales de chile poblano, presentará un comportamiento similar o superior a los híbridos evaluados.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen del cultivo

El chile (*Capsicum annuum* L.) es un cultivo originario de México (Henández-Acosta et al., 2024) esta solanácea fue descubierta entre los años 7000 y 2555 a.C. en las regiones de Tehuacán, Puebla y Ocampo, Tamaulipas. Con el paso del tiempo, el chile fue domesticado por diversos grupos indígenas de estas regiones. En México, la palabra "chile", derivada del náhuatl *chilli* o *xilli*, se utiliza para referirse a todos los frutos clasificados dentro del género *Capsicum* (Dávila et al., 2021).

Con la llegada de Hernán Cortés y la caída del Imperio Azteca en 1521, el consumo de chile comenzó a expandirse. Para esa época, algunos tipos de chile ya se estaban popularizando en el sur de España, gracias a las semillas que Cristóbal Colón llevó consigo tras su llegada a América. Este intercambio de semillas, junto con el contacto entre el Viejo y el Nuevo Mundo, permitió que el chile se difundiera rápidamente por Europa y otras partes del mundo, donde pasó a ser un ingrediente clave en diversas tradiciones culinarias (Aguirre y Muñoz, 2015).

Nuez et al., (2003) afirman que la clasificación del género *Capsicum* ha experimentado cambios progresivos. Actualmente, se reconoce la existencia de 23 especies silvestres y cinco especies domesticadas, que incluyen más de 3,000 variedades. En concordancia con esta información, Cortés (2014) señala que entre las especies domesticadas se encuentran *Capsicum annuum*, que agrupa algunos de los chiles más conocidos, como el chile poblano; *Capsicum chinense*, que comprende el habanero; *Capsicum frutescens*, o chile de árbol, el cual ha sido menos estudiado; y *Capsicum pubescens*, conocido como chile manzano, cultivado principalmente en México. Por último, se incluye la especie *Capsicum baccatum*, cuya variedad ají amarillo es exclusiva de Sudamérica.

Los chiles poblanos deben su nombre al hallazgo de esta variedad en el Valle de Tehuacán, ubicado en la zona fronteriza entre los estados de Puebla, Veracruz y Oaxaca (Kraft et al., 2014). Como resultado, Puebla es el estado con la mayor

diversidad de variedades de chile poblano, las cuales se concentran principalmente en las regiones de la Sierra Nevada y Tehuacán (Contreras-Toledo *et al.*,2011).

4.2. Taxonomía del chile poblano

Taxonomía del Chile

Nombre Común: Chile Poblano

Nombre Científico: *Capsicum annuum* L.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *Capsicum annuum* L.
(SAGARPA, 2012).

Garibay *et al.*, (2018) indica que el chile poblano posee diversos nombres en su estado fresco; algunos de ellos son: chile grueso, chile para rellenar, chile esmeralda, chile miahuateco, chile pasilla verde o pasilla fresco, mientras que cuando se encuentra en su fase deshidratada, se le denomina chile ancho o pasilla (Aguirre y Muñoz, 2015). Estos nombres varían según la región, no obstante, Atilano *et al.*, (2007) sostiene que, además, en cada nación el chile recibe diferentes denominaciones; por ejemplo, en México se le denomina chile, en Latinoamérica ají, en España pimienta, entre otros.

4.3. Descripción botánica

4.3.1. Planta

La planta es herbácea perenne con ciclo de cultivo anual de porte variable entre los 0.5 metros (en determinadas variedades de cultivo al aire libre) y más de 2 metros (gran parte de los híbridos cultivados en invernadero).

4.3.2. Sistema Radicular

El sistema radicular es pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 centímetros y 1 metro.

4.3.3. Tallo principal

El tallo es de crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura emite dos o tres ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente).

4.3.4. Hoja

La hoja es lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es liso y suave al tacto y de color verde más o menos intenso dependiendo de la variedad y brillante.

4.3.5. Flor

Las flores aparecen solitarias en cada nudo de tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógama, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10%.

4.3.6. El Fruto

El chile ancho se distingue por tener un fruto de forma triangular o similar a un corazón, con un hueco en el pedúnculo. Su tamaño varía entre 12 y 19.5 cm de largo y 6.5 cm de ancho, y presenta de 2 a 4 lóculos, cada uno con una vena que se extiende desde el centro hasta el pericarpio. El pericarpio es grueso y adquiere

un color rojo al madurar. Este fruto se clasifica como una baya hueca con pulpa firme, y sus partes incluyen el tallo, cáliz, base, hombro, glándulas, venas, semillas, lóbulo del pericarpio y ápice.

4.4. Factores climáticos y del suelo que favorecen al cultivo

Berrios *et al.*, (2007) indican que el cultivo de chile es una planta hortícola que se desarrolla en climas cálidos y templados, siendo sensible a las bajas temperaturas y no tolerando las heladas. Este cultivo tiene altos requerimientos térmicos, necesitando un rango promedio de 18-28 °C para la germinación. Durante la fase de crecimiento vegetativo, las temperaturas ideales oscilan entre 20-25 °C durante el día y de 16-18 °C durante la noche. Para las etapas de floración y fructificación, las condiciones óptimas son de 26-28 °C durante el día y de 18-20 °C por la noche.

La semilla no brota a temperaturas mínimas a 13°C ni mayores a 37°C, y para el crecimiento de la plántula a más de 18°C, la humedad relativa adecuada es de 50-70%, para evitar el desarrollo de patógenos (Muñoz-Ramos, 2004). Además, es sumamente demandante en cuanto a luz, ya que requiere días largos durante la primavera. Aunque agrega que los pimientos dulces son aún más rigurosos con las temperaturas. Las temperaturas diurnas tienen efectos diferentes: a los 12°C durante la floración, la planta produce un mayor número de flores en comparación con los 18°C, mientras que a 8-10°C se reduce la viabilidad del polen o se genera la formación de frutos partenocárpico (pequeños y sin semillas, a veces deformados), mientras que temperaturas de 8°C antes de la floración resultan en un alto número de frutos alargados, y temperaturas elevadas de 35°C provocan la caída de las flores (Maroto, 2002).

Estos suelos arcillosos tienen que tener un buen drenaje y estar bien preparados antes de la siembra para evitar la acumulación de agua que favorece la incidencia de enfermedades en la raíz. El pH ideal para el chile es de 6.5 a 7.0 (Rita, 2019).

4.5. Principales plagas que atacan al cultivo

El manejo integrado de plagas (MIP) se refiere a un sistema de manejo de poblaciones plagas, que utiliza todas las técnicas adecuadas en una forma compatible, para reducir dichas poblaciones y mantenerlas por debajo de aquellos niveles capaces de causar daño económico (Márquez, 2011).

4.5.1. Picudo del chile (*Antonomus eugenii*)

Es un insecto que llega en la etapa de floración y fructificación por la capcicina liberada por las flores. El adulto es de color pajizo, vive de 3 a 4 meses, la hembra oviposita de 3 a 5 huevecillos de 0.5 mm en los botones florales y frutos, los cuales tardan de 3 a 4 días en eclosionar, la hembra oviposita de 300 a más huevecillos. Los síntomas de un fruto infestado son pedúnculos amarillos que se marchitan en el punto de unión con la planta, lo que ocasiona la caída de los frutos, los cuales se tornan rojos o amarillos antes de caer al suelo, su ciclo biológico es de 15 a 23 días (SADER, 2019).

4.5.2. Pulgón saltador (*Bactericera cockerelli*)

Es un insecto de tamaño reducido, con una longitud aproximada de 1.5 a 3 mm, de cuerpo ovalado y color negro. Posee alas pequeñas y patas traseras robustas que le facilitan realizar saltos de manera activa. El principal daño que ocasiona consiste en la destrucción del follaje, provocando pequeñas perforaciones que atraviesan las hojas jóvenes, y a medida que estas crecen, los agujeros se agrandan.

4.5.3. Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)

El adulto mide aproximadamente 1 mm de longitud su cuerpo es de color amarillo limón; las alas son transparentes, angostas en la parte anterior, las hembras son de mayor tamaño que los machos, viven entre 2 y 28 días es un insecto vector de virus por otro lado lo que determina el daño en el cultivo, es la magnitud de la infestación ocasionando daños indirectos y directos a las plantas, de manera directa al alimentarse del floema debilitando la planta por la extracción de nutrientes y desordenes fisiológicos (SENASICA,2020).

4.5.4. Trips (*Thysanoptera*)

Los daños de adultos y ninfas implican una ruptura de células y succión de la savia de los tejidos de las hojas, tallos, flores y frutos lo cual ocasiona una apariencia plateada o bronceada en la superficie de la planta, principalmente de las nervaduras de las hojas y superficie de frutos (SENASICA, 2018).

4.5.5. Minador de la hoja (*Liriomyza spp.*)

La primera modalidad de daño ocurre cuando las hembras emplean el ovipositor para atravesar la superficie foliar; estas perforaciones tienen como objetivo depositar los huevos y establecer áreas de alimentación. Los sitios de alimentación se manifiestan como manchas cloróticas de aspecto blanquecino, con un diámetro de 0,13 a 0,15 mm. Los de oviposición son más diminutos, con un tamaño de 0,05 mm, y presentan una morfología redonda más uniformes (SENASICA, 2021).

4.5.6. Araña roja de dos manchas (*Tetranychidae*)

El daño causado por *T. urticae* se origina en la zona donde se alimenta; al hacerlo, perfora con la ayuda de sus estiletes la epidermis de las hojas y destruye células del mesófilo, comprometiendo la transpiración y la fotosíntesis. El crecimiento de la planta y sus frutos puede causar defoliaciones severas si existe una alta infestación en las plantas. El ácaro de dos manchas está considerado como una de las especies que ocasiona más problemas a la agricultura en todo el mundo debido a su capacidad de reproducción (SENASICA,2020).

4.6. Enfermedades en el Cultivo de Chile

Existen cerca de 16 enfermedades vinculadas al cultivo de chile en nuestro país, sin embargo, la cantidad podría ser mayor. Las principales afecciones que pueden presentarse en el cultivo de chile poblano son: Marchitez del chile (*Phytophthora capsici*), Descomposición de plántulas (*Pythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium spp*), Falso nematodo de los nudos (*Nacobbus aberrans*), y virosis en chile poblano (Huerta de la Peña *et al.*,2007).

4.6.1 Enfermedades virales

Las enfermedades virales provocan con frecuencia daños significativos al cultivo, llegando en algunos años a pérdidas totales en la cosecha. En la región se han identificado todos los virus registrados en México para el cultivo de chile, tales como (*Tobacco etch potyvirus*) Virus jaspeado del tabaco, TEV, (*Tobacco mosaic potyvirus*) Virus mosaico del tabaco, TMV y (*Cucumber mosaic cucumovirus*) Virus mosaico del pepino, CMV, los cuales son transmitidos principalmente por mosquita blanca y pulgón verde; y virus persistente, el cual es transmitido principalmente por áfidos y mosquita blanca. Para prevenir o reducir la presencia de este tipo de virus, es recomendable mantener el cultivo libre de insectos vectores (SAGARPA, 2012).

4.7. Importancia del cultivo a nivel mundial

El valor de la producción mundial de chile verde se estima en 55,444.8 millones de toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$), de los cuales 17.1 millones de $t\ ha^{-1}$ provienen de China, lo que representa una parte considerable de la producción global. En términos de otros países productores destacados, México registra un valor de 3,681 millones de $t\ ha^{-1}$, seguido de Turquía con 3,081 millones de $t\ ha^{-1}$, Indonesia con 3,061 millones de $t\ ha^{-1}$ y España con 1,389 millones de $t\ ha^{-1}$. Estos datos destacan la importancia de estos países en la producción mundial de chile (FAOSTAT, 2023).

4.8. Importancia social y cultural del cultivo de chile

El chile (*Capsicum annuum L.*) ocupa el segundo lugar en importancia dentro de las hortalizas en México (Acosta y Chávez, 2003), país reconocido como su centro de domesticación y diversidad genética. De todas las especies del género *Capsicum*, esta es la de mayor relevancia económica (Hernández-Verdugo *et al.*, 1998) debido a su amplia gama de aplicaciones que van desde la gastronomía hasta la industria farmacéutica. Además, su notable variabilidad morfológica ha permitido que se distribuya a nivel global (Ulloa, 2006).

4.9. Producción nacional del chile poblano en México

En México se siembra 17,592.37 de hectáreas, obteniendo 480,936 t dado un valor de producción de 5,381 millones de pesos mexicanos. El principal estado productor

de Chile poblano es Zacatecas con una superficie sembrada de 6,487 hectáreas sembradas y una producción de 177,386.92 t. En segundo lugar, tenemos al estado de Guanajuato con una superficie 3,293.50 t de hectáreas sembradas y con una producción de 63,250.10 t; en tercer lugar, se encuentra el estado de Sinaloa con una superficie sembrada de 1,526.50 t. El estado de Coahuila se encuentra en el doceavo lugar con una producción de 1,66 toneladas por hectárea (SIAP, 2023).

Cuadro 1. Producción Nacional de Chile poblano en verde en el año 2023.

Estado	Superficie (ha)		Producción	Rendimiento (udm/ha)	Valor Producción (miles de Pesos)
	Sembrada	Cosechada			
Aguascalientes	629	629	12,622.72	20.07	102,050.34
Baja California Sur	790.7	790.7	40,959.94	51.8	290,077.61
Coahuila	70	70	1,266.00	18.09	27,658.95
Chihuahua	354	274	6,470.00	23.61	73,509.44
Durango	915.5	915.5	14,552.14	15.9	147,162.98
Guanajuato	3,293.50	3,293.50	63,250.10	19.2	865,213.58
Jalisco	1,620.50	1,620.50	48,369.10	29.85	656,266.18
Michoacán	693	693	26,721.13	38.56	412,293.92
Nuevo León	18	18	450	25	5,625.00
Puebla	383.17	383.17	3,840.38	10.02	61,648.38
San Luis Potosí	762	762	26,170.58	34.34	362,711.64
Sinaloa	1,526.50	1,526.50	57,991.93	37.99	444,367.52
Sonora	15	15	315	21	2,029.50
Veracruz	34.5	34.5	570.95	16.55	5,817.07
Zacatecas	6,487.00	6,487.00	177,386.92	27.34	1,924,830.87
Total	17,592.37	17,512.37	480,936.89	27.46	5,381,262.98

4.11. Propiedades nutraceuticas del Chile

El Chile es una fuente destacada de vitamina C (ácido ascórbico), cuya concentración aumenta significativamente con la maduración, alcanzando casi tres veces más que la que poseen los cítricos (Badui, 2015). Además, contiene diversos

compuestos bioactivos como fenoles, flavonoides, carotenoides y capsaicina. Se le atribuyen propiedades medicinales, ya que se considera eficaz para favorecer la quema de calorías, reducir el colesterol y combatir el cáncer (SIAP, 2010).

4.12. La pungencia del fruto del chile

La pungencia del chile es una característica fundamental para su calidad, la cual está determinada por la producción de capsaicinoides en el fruto. Esta se debe a la presencia de un conjunto de cinco compuestos principales: capsaicina, dihidrocapsaicina, nordihidrocapsaicina, homodihidrocapsaicina y homocapsaicina (García *et al.*, 1995). Se ha demostrado que el principal sitio de formación y acumulación de los capsaicinoides es la vacuola de las células de la placenta (Fuji Wake *et al.*, 1980).

La capsaicina ($C_{18}H_{27}O_3N$) es el capsaicinoide más significativo, representando el 70% de esta familia de compuestos, y es responsable, en su mayor parte, de la pungencia en comparación con el resto del grupo y que se puede encontrar, en mayor cantidad, en las semillas. Es un alcaloide potente y estable, que se ha reportado como detectable por el paladar humano incluso en diluciones muy bajas (1 mg L^{-1}), provocando un aumento en la secreción salival y una sensación de calor y ardor en la cavidad bucal (García *et al.*, 1995). El contenido de capsaicina en el fruto del chile puede verse influenciado por factores bióticos y abióticos. Entre los factores bióticos se incluyen la especie y tipo, la variedad, el grado de madurez y el daño ocasionado por plagas y enfermedades, mientras que en los factores abióticos destacan el suelo, el clima (temperatura y luz) y la fertilización (Johnson & Decoteau, 1996).

4.13. Mejoramiento genético

La mejora vegetal más elemental consistió en seleccionar las variantes que surgían de manera natural, primero en la naturaleza y luego en los campos cultivados. La variabilidad genética estuvo bajo constante presión selectiva debido a la recolección de alimentos o a los ciclos de siembra y cosecha. El fitomejoramiento puede verse

como un proceso de coevolución entre los seres humanos y las plantas comestibles. Los seres humanos causaron modificaciones en las plantas cultivadas, y esos nuevos tipos de plantas, a su vez, propiciaron cambios en las poblaciones humanas. El enfoque principal del fitomejoramiento es seleccionar las mejores variedades, considerando aspectos como el rendimiento y la calidad de las partes comestibles, la facilidad de cultivo, cosecha y procesamiento, la resistencia a las tensiones ambientales y la protección contra plagas (Breseghello y Guedes 2013).

Nakayama *et al.*, (2018) describe que el mejoramiento genético de las plantas se entiende como el conjunto de acciones que, a partir de un grupo de organismos cuyas características no cumplen con los requisitos establecidos, posibilita la obtención de otro grupo capaz de reproducirse, al que se le llama variedad, y que representa un avance en ciertas propiedades, actuando como una herramienta para satisfacer, de manera cada vez más eficiente, las demandas de la humanidad.

4.14. Técnicas de mejoramiento vegetal aplicadas en *Capsicum*

El chile es una planta autógama, lo cual indica que, se caracterizan por presentar un alto porcentaje de autofecundación y un bajo porcentaje de polinización cruzada natural. En general, las poblaciones de estas plantas pueden estar conformadas por una única línea pura o por una mezcla de líneas puras, las cuales son homogéneas y homocigotas en el primer caso, o heterogéneas y homocigotas en el segundo (Llatas et al., 2021).

En Chile, existen muchas estrategias innovadoras como el mejoramiento por mutación, poliploidía, mejoramiento por haploides, rescate de embriones, marcadores moleculares, etc, y que, en combinación con técnicas de mejoramiento genético tradicional, puede potenciar y eficientar el avance en programas de mejora genética (Srivasta & Mangal, 2019).

Los métodos más utilizados para el mejoramiento en Chile se mencionan a continuación: selección masal, método genealógico o de pedigrí, descendencia de una semilla, selección recurrente, selección por retrocruza e hibridación. La elección

del método a emplear, o la combinación de estos, dependerá del tipo de herencia de los caracteres seleccionados (Cuarán *et al.*, 2022).

4.13.1. Selección masal

Es un método de fitomejoramiento utilizado en plantas de polinización abierta, con el objetivo de aprovechar los efectos genéticos aditivos presentes en toda la población. Este enfoque debe aplicarse en poblaciones con alta variabilidad genética, seleccionando los ambientes donde los caracteres de interés, especialmente aquellos con alta heredabilidad, puedan expresarse en su máximo potencial (Guevara *et al.*, 2018). Se definen las características más deseables y se eligen los padres que las poseen. Las semillas de estos padres se siembran, y luego se buscan nuevamente las características destacadas en la progenie. Cada fase constituye un estrato, y la selección masal se realiza por estratos (Rivera, 2016).

El objetivo de la selección masal es mejorar la población a nivel general, por medio de la selección de los fenotipos que presentan las mejores características, al igual que agrupa los diferentes genotipos que se encuentran existentes dentro de la población y presenta niveles superiores en relación a las características deseadas (Angulo & Ortiz, 2020).

4.13.2. Método por pedigrí

El método por pedigrí es una selección que ocurre durante la endogamia de poblaciones de plantas autógamias y alógamas para el desarrollo de líneas homocigotas, seleccionando plantas que superen las generaciones sucesivas y que mantengan un progenitor- progenie (que puedan extenderse de generaciones de abuelo, bisabuelo o más ancestros) (Fehr, 2017).

Para llevar a cabo la selección por pedigrí, se parte de una población F1, en la cual, se realiza selección, para posteriormente, llevarla a la siguiente generación F2, en donde se realiza selección, de forma individual, con la finalidad de derivar líneas. La progenie de dichos individuos se somete al mismo proceso de evaluación

agronómica, hasta que se logre una estabilidad en ellos, generalmente, en la F7 o F8 (Cerezo, 2014).

En plantas autógamas se utiliza para la creación de variedades, mientras que en plantas alógamas, se utiliza para la creación de líneas endogámicas. Además, el método por pedigree se utiliza, mayormente, para el mejoramiento de características específicas como: el aumento de rendimiento, resistencia a enfermedades, altura de la planta, precocidad, etc. (Begna, 2021).

4.13.3. Descendiente de una sola semilla

Es un método de mejoramiento genético similar al método de selección por pedigrí, la principal diferencia es que los ciclos sucesivos de autofecundación, para obtener líneas homocigotas, y la selección de las mejores progenies homocigotas, se realizan de manera independiente (Blis & Gates, 1967). Este método consiste en hacer avanzar cada planta f2 de la población utilizando una sola semilla, este proceso se repetirá en las generaciones subsecuentes hasta que se obtenga la estabilidad genética deseada (Casali, 1974).

4.13.4. Selección por retrocruza

El retrocruzamiento es una técnica de mejoramiento genético, establecida desde hace mucho tiempo, en donde se introduce un gen de un progenitor donante a una progenie recurrente (Hospital, 2005). Se define como la introgresión de un gen de interés, procedente de una población inferior, a una población superior, que no lo tiene, o bien, que no se expresa suficientemente, pueden ser rasgos como precocidad, resistencia a enfermedades, etc (Aleksoski, 2018).

En un programa típico de retrocruza, se cruzan el progenitor recurrente (el que adquiere el gen) y el progenitor donante (el que porta el gen), para obtener la F1, en la cual, sus alelos serán 50% del padre recurrente y 50% del padre donante. La progenie F1 se retrocruza con padre recurrente y se obtiene la primera generación de retrocruzamiento (BC1), la cual, tendrá el 75% de recuperación de alelos del

padre recurrente, hasta llegar al 99.2% en la generación BC6. El número de ciclos va depender de los objetivos del programa de mejoramiento genético (Tracy, 2004).

4.13.5. Hibridación

La hibridación es un método de mejora genética, el cual, se ha utilizado en plantas domesticadas, con la finalidad de buscar la heterosis para crear genotipos nuevos. Sin embargo, la hibridación también puede reducir la divergencia genética y la variabilidad en poblaciones y promover la introrgesión de barreras reproductivas más fuertes entre los linajes (Goulet et al., 2017).

El objetivo es incrementar la variabilidad genética de uno o varios caracteres, buscando incorporar en un único genotipo genes deseables provenientes de dos o más genotipos distintos. Este enfoque se emplea cuando la variabilidad natural presente en las poblaciones autóгамas ya ha sido aprovechada y los resultados obtenidos mediante selección simple (Vallejo, 1994).

La heterosis fue propuesta por H. G. Shull en 1914, y se define como la superioridad en desempeño de la progenie F1 sobre la media de desempeño de ambos progenitores (Stuber, 1994).

4.14. Importancia de realizar evaluaciones agronómicas

La evaluación abarca la explicación de la variabilidad presente en una colección de características relevantes desde el punto de vista agronómico, las cuales están fuertemente determinadas por el entorno, como el rendimiento, peso del fruto, grosor de tallo, peso seco, entre otros. La evaluación consiste en identificar el valor agronómico de los materiales, empleando descriptores, que son rasgos considerados significativos y funcionales para la caracterización de una muestra (Abadie & Berretta, 2011).

Sotolongo *et al.*, (2012) explican que cuando se presenta variabilidad fenotípica en la población respecto a las características de interés, y esta variabilidad posee una

importante base genética, influenciada por el nivel de heredabilidad. En este contexto, la variación genética se considera el fundamento principal del mejoramiento genético.

En resumen, las evaluaciones agronómicas son esenciales para determinar genotipos potenciales en programas de mejoramiento genético con la finalidad de obtener cultivares resistentes y productivos que contribuyan a enfrentar los desafíos de la agricultura.

V. Materiales y métodos

5.1. Ubicación y localización

La presente investigación se llevó a cabo en un terreno de 48 m², ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en las coordenadas 25° 21' 10" de latitud, 101° 1' 52" de longitud y a una altitud de 1,783 msnm. La zona presenta una temperatura media anual de 16.4 °C y una precipitación promedio de 370 mm anuales, con un clima cálido-templado de tipo semidesértico.

5.2. Condiciones ambientales en el año de evaluación

En el mes de junio del año 2023, se registraron variaciones significativas en las temperaturas en diversas regiones del país. Según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la temperatura máxima alcanzó los 37.8 °C mientras que la media fue de 30.4 °C.

5.3. Material vegetal

Se utilizaron tres genotipos de chile poblano (GENOT 1, GENOT 3 y GENOT 5 y un híbrido (F402), pertenecientes en el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, además, un híbrido comercial llamado CARRANZA F1 de SEMINIS[®], un chile ancho con un alto potencial de rendimiento, destinado al mercado fresco, principalmente, con fruta de gran tamaño de color verde oscuro con dos lóbulos y de ciclo tardío.

5.4. Manejo del cultivo

5.4.1. Siembra

La siembra se realizó el día 18 de marzo del 2023 en charolas de poliestireno de 200 cavidades y se trabajó con sustrato de peat moss y perlita en una relación de 70%:30%.

5.4.2. Preparación del terreno

Se eliminó la maleza del terreno con un motocultor para nivelarlo, posteriormente se hicieron camas con azadones, se colocaron cintillas a doble hilera y por último se colocó el acolchado en las camas.

5.4.3. Trasplante

Se llevó a cabo el día 21 de mayo del 2023. Primero se realizó un riego para humedecer la tierra, posteriormente, se trasplantaron las plántulas en el lote experimental que le correspondían y que previamente se etiquetó sobre el acolchado según el croquis del diseño experimental. Un día antes se aplicó el enraizador Rooter QF[®], a una dosis de 1 mL⁻¹ a vía drench.

5.4.4. Manejo nutricional

Para cumplir la demanda nutricional se utilizó una solución nutritiva al 100% (cuadro 2). Los fertilizantes se disolvían en un tanque de 750 L para formar una solución madre. En la etapa inicial del cultivo se aplicó la dosis al 10%, posteriormente, se aumentó a 25%, 50% y por último al 100%.

Cuadro 2. Dosis de fertilización en la solución nutritiva al 100% de su utilización.

Fertilizante	Dosis (miliequivalentes L ⁻¹)
NO ₃	10
H ₂ PO ₄	1.5
SO ₄	9
Cl	3.26
NH ₄	1
Ca	11
K	9
Mg	5
Na	3
HCO ₃	1

5.4.5. Manejo fitosanitario

Para el control de plagas y enfermedades se realizó un calendario de aplicación de los siguientes insecticidas: Sunfire (Chlorfenapyr), Sivanto (Flupiradifurona), Oberon (Spiromesifen), Malathion (Malation) y Coragen (Clorantraniliprol). Además, se realizó una única aplicación del fungicida Captan 50 WP, todos a una dosis de 0.5 mL⁻¹. Se realizó una rotación de ingredientes activos, aplicando dos insecticidas diferentes cada semana.

5.4.6. Frecuencia de riego

La frecuencia de riego varió según la etapa del cultivo y las condiciones climáticas. Los riegos se controlaban mediante un temporizador al cual se conectaba la bomba. En la etapa inicial del cultivo, después del trasplante, se aplicaban tres minutos por hora, desde la ocho de la mañana hasta las cinco de la tarde. Después se aumentó a diez minutos por hora dando un total de 100 min de riego al día. Por último, se aumentó el riego a 15 min cada hora. La frecuencia y tiempo de riego se modificó en temporada de lluvias y en temporada de calor extremo.

5.4.7. Cosecha

Se cosecharon los frutos a los 60 días después del trasplante de forma manual y se colocaron en una caja etiquetada conforme al diseño experimental, se llevaron al laboratorio para la evaluación de las variables.

5.5. Tratamientos evaluados

Se evaluaron tres genotipos y el híbrido experimental F402 F₁ de chile poblano, pertenecientes al CCDTS de la UAAAN y un híbrido de la casa semillera SEMINIS llamado Carranza F₁.

5.6. Variables

Se evaluaron las siguientes variables: rendimiento, ancho de la base del fruto, ancho de la parte media del fruto, longitud del fruto, grosor del mesocarpio, longitud del pedúnculo, profundidad del cáliz y número de lóculos.

5.6.1. Rendimiento

Se cosecharon los frutos y se llevaron al laboratorio, posteriormente, se pesaron utilizando una balanza digital de la marca OHAUS®Scout-Pro® y se obtuvo el promedio en kilogramos por planta.

5.6.2. Ancho de la base del fruto

Para la obtención de esta variable se midió la parte baja del fruto de manera horizontal utilizando un vernier digital de la marca Steren®. El resultado se expresó en milímetros.

5.6.3. Ancho de la parte media del fruto

Para calcular esta variable se utilizó un vernier digital de la marca Steren®, tomando el diámetro de cada fruto en su parte ecuatorial o parte media. El resultado se expresó en milímetros.

5.6.4. Longitud del fruto

Para calcular esta variable se utilizó un vernier digital de la marca Steren®, desde la base del cáliz hasta el ápice. El resultado se expresó en milímetros.

5.6.5. Grosor de mesocarpio

Esta variable se obtuvo cortando los frutos por su parte ecuatorial por lo último se midió el grosor del mesocarpio utilizando un vernier digital, de la marca Steren®. Los resultados se expresaron en milímetros.

5.6.6. Longitud del pedúnculo

Esta variable se obtuvo midiendo el pedúnculo con un vernier digital, de la marca Steren®, desde el cáliz hasta el corte. Se expresó en milímetros.

5.6.7. Profundidad del cáliz

Para obtener el valor de la variable se utilizó un vernier digital, de la marca Steren[®], midiendo la longitud del cáliz desde la base hasta la unión del pedúnculo. Se expresó en milímetros.

5.6.8 Número de lóculos

Para contabilizar esta variable se cortó el fruto de forma transversal y se contó el número de lóculos. Se expresó en número de lóculos por planta.

5.7. Diseño estadístico

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Se utilizó el programa estadístico “infostat 2020” para la realización del análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$). Se realizó la prueba de medias “Tukey” con una significancia de $p \leq 0.05$.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Rendimiento

Se identificaron diferencias estadísticas significativas en la variable de rendimiento en kilogramos por planta entre los genotipos evaluados. Los resultados indican que el híbrido CARRANZA F1 registró el mayor rendimiento con $0.49 \text{ kg planta}^{-1}$, aunque estadísticamente similar al híbrido experimental F402 y el GENOT 3. En contraste, GENOT 1 y GENOT 5 obtuvieron los valores más bajos con 0.28 y $0.24 \text{ kg planta}^{-1}$. Los rendimientos más altos se obtienen en densidades altas de siembra, sin embargo, también pueden presentarse en las más bajas lo cual se atribuye al manejo integrado del cultivo, ya que la plantación a un espaciamiento óptimo, permite una adecuada aireación, disminuyendo la incidencia de plagas y enfermedades (López, 2017).

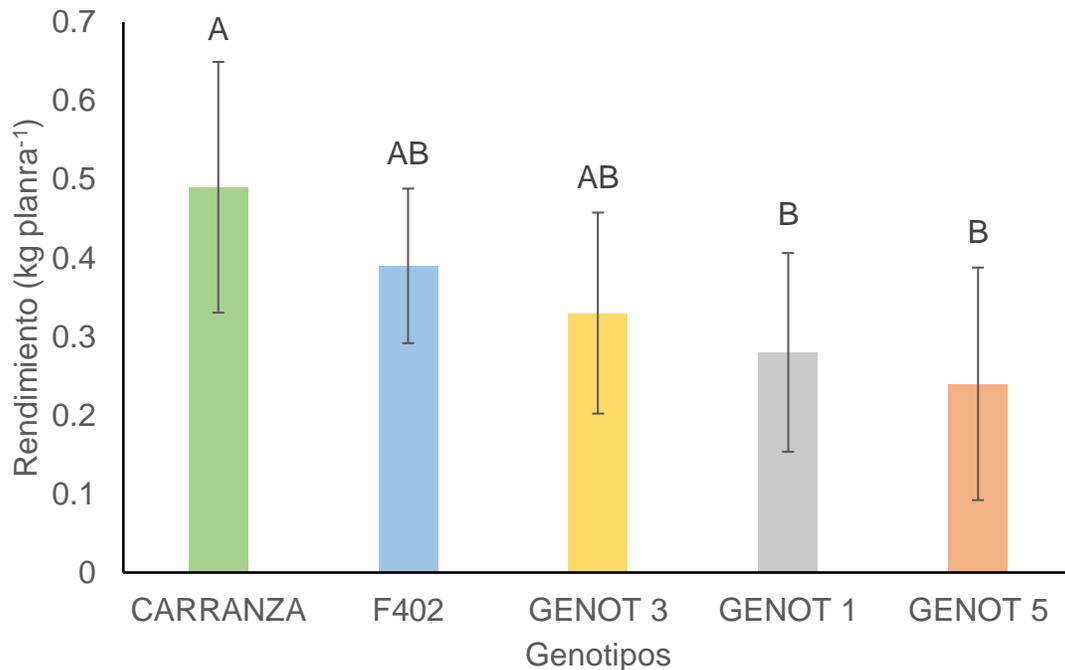


Figura 1. Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable rendimiento en kilogramos por planta de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.

6.2. Ancho de la base del fruto

Se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos evaluados para la variable ancho de la base del fruto. El híbrido CARRANZA fue el tratamiento que presentó el mayor ancho de la base del fruto con 62.15 mm, seguido del híbrido F402 con 53.77 mm. En tanto que los tratamientos GENOT 1, GENOT 5 y GENOT 3 se comportaron de manera similar e inferiores a los antes citados, con promedios de ancho de la base del fruto entre 47.22 y 50.27 mm. Por su parte Díaz, (2022) señala en su estudio que el ancho promedio de la base del fruto cosechado fue de 6.17 cm, un parámetro útil para seleccionar las plantas más destacadas. Esta variable tiene una gran relevancia, especialmente en el caso de los frutos destinados a la comercialización en chile seco.

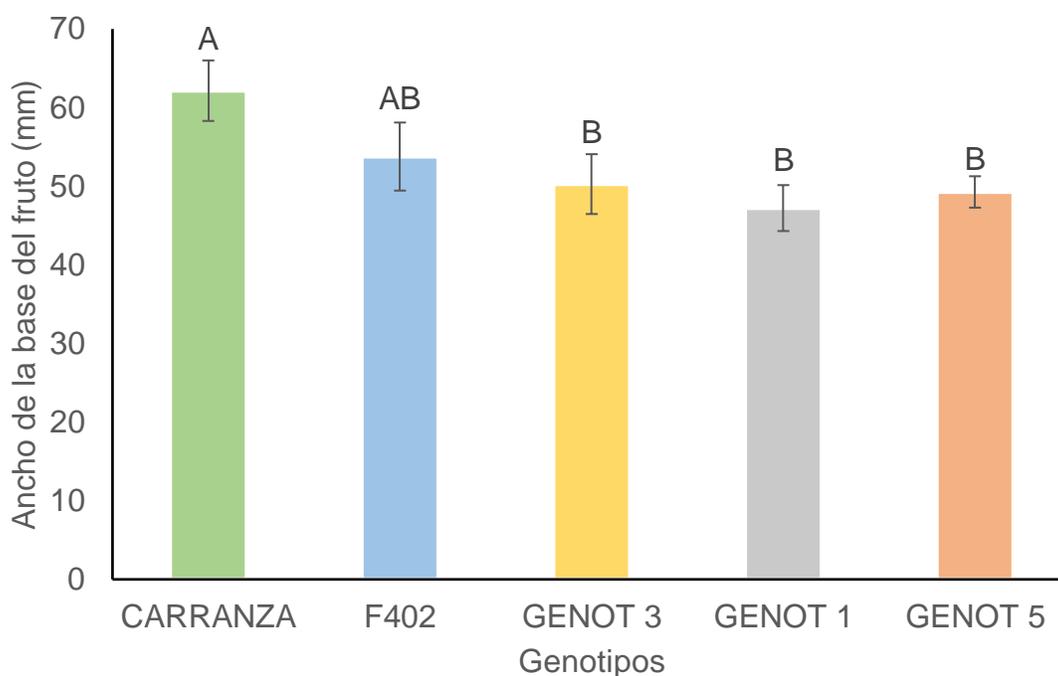


Figura 2. Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable ancho de la base del fruto de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.

6.3. Ancho de la parte media del fruto

Según el ANAVA se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados para la variable ancho media del fruto. Los genotipos que mostraron un mayor ancho de la parte media del fruto fueron los híbridos CARRANZA y F402 con 53.32 y 49.44 mm respectivamente. Los genotipos GENOT 1, GENOT 5 y GENOT 3 expresaron una respuesta estadística similar entre ellos con una variación mínima de entre 42.55 y 44.64 mm pero inferiores a los híbridos. Santiago *et al.*, (2018) reportaron que los frutos de chile que se cultivaron en campo abierto tuvieron un diámetro de 6.25 cm, valores que, aunque no se obtuvieron bajo las mismas condiciones se asemejan a los resultados obtenidos.

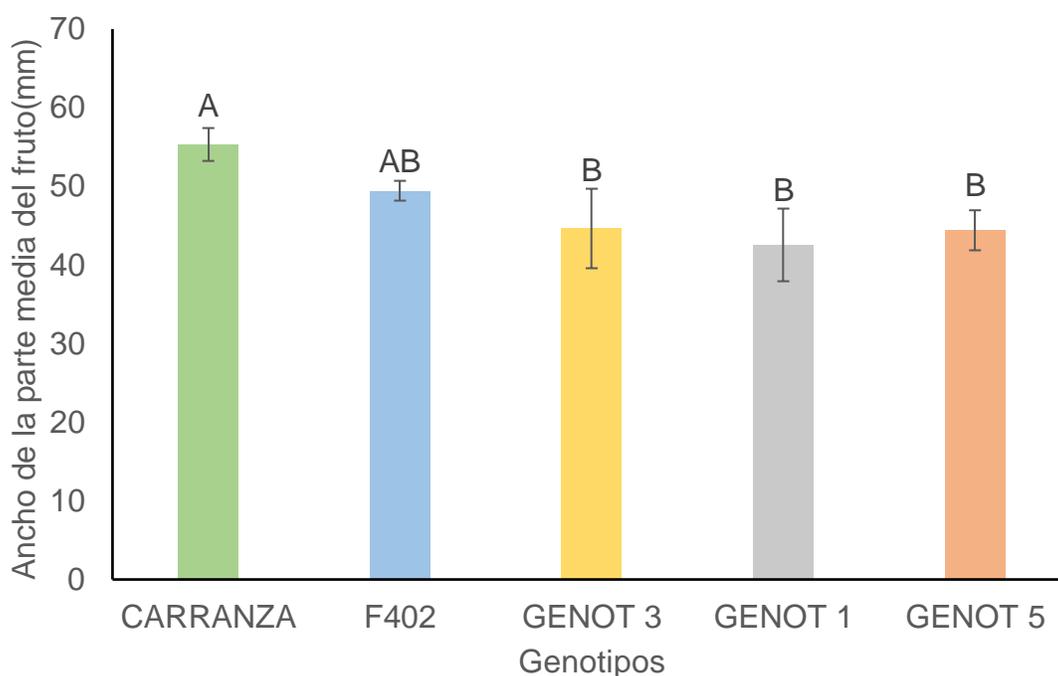


Figura 3. Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable ancho de la parte media del fruto de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.

6.4. Longitud del fruto

Según el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas entre los genotipos para la variable de longitud del fruto. Sin embargo, el GENOT 5 fue el que obtuvo el mayor valor con 124.92 mm, seguido de los híbridos CARRANZA y F402 F₁ con 118.69 y 112.05 mm, respectivamente. Los genotipos GENOT 3 y GENOT 1 obtuvieron una mínima variación entre sí, con 104.97 y 106.62 mm, respectivamente. Hernández (2019) menciona que la longitud del fruto de genotipos evaluados varía entre 12 y 14 cm. Los parámetros más apropiados en el campo para evaluar la calidad del chile poblano están vinculados a la forma característica del fruto, conocida como “botelludo”, a su tamaño grande y a una coloración adecuada.

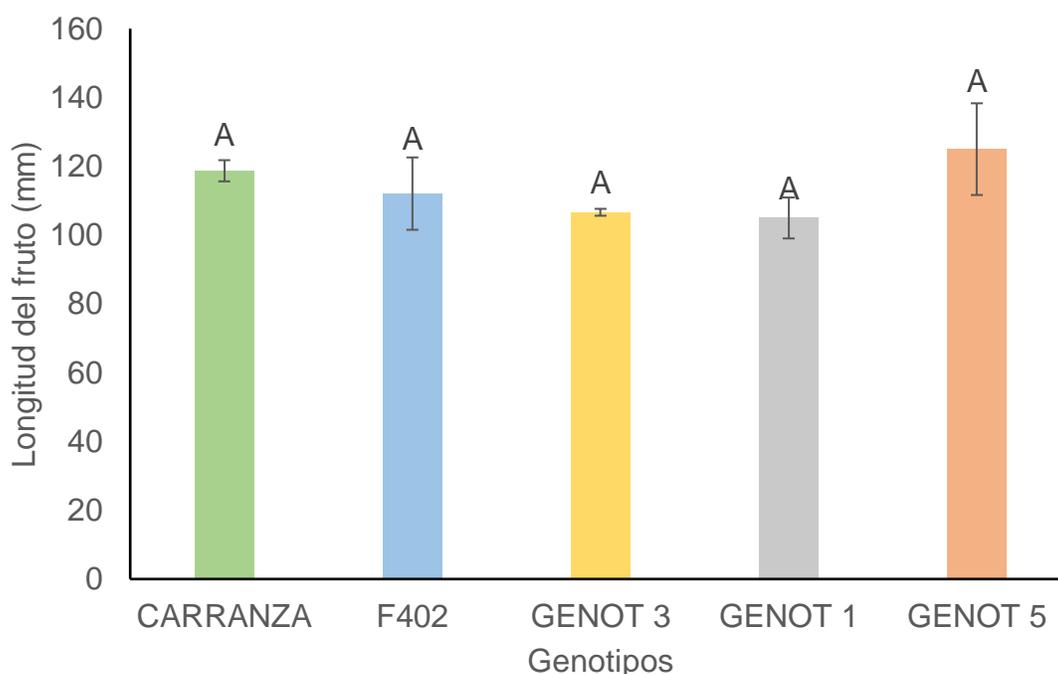


Figura 4. Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable longitud del fruto de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.

6.5. Grosor del mesocarpio

Para la variable grosor de mesocarpio se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. Con un grosor del mesocarpio de 3.22 y 3.03 mm, los híbridos CARRANZA y F402 fueron los que más destacaron. Los genotipos GENOT 3, GENOT 1 y GENOT 5 fueron inferiores y se comportaron con una mínima variación entre ellos de entre 2.37 y 2.38 mm. Huertos et al. (2025) reportan promedios que van de los 2 a 3 mm, además, indican que esta variable está relacionada con la calidad del fruto, resistencia a enfermedades y vida de anaquel.

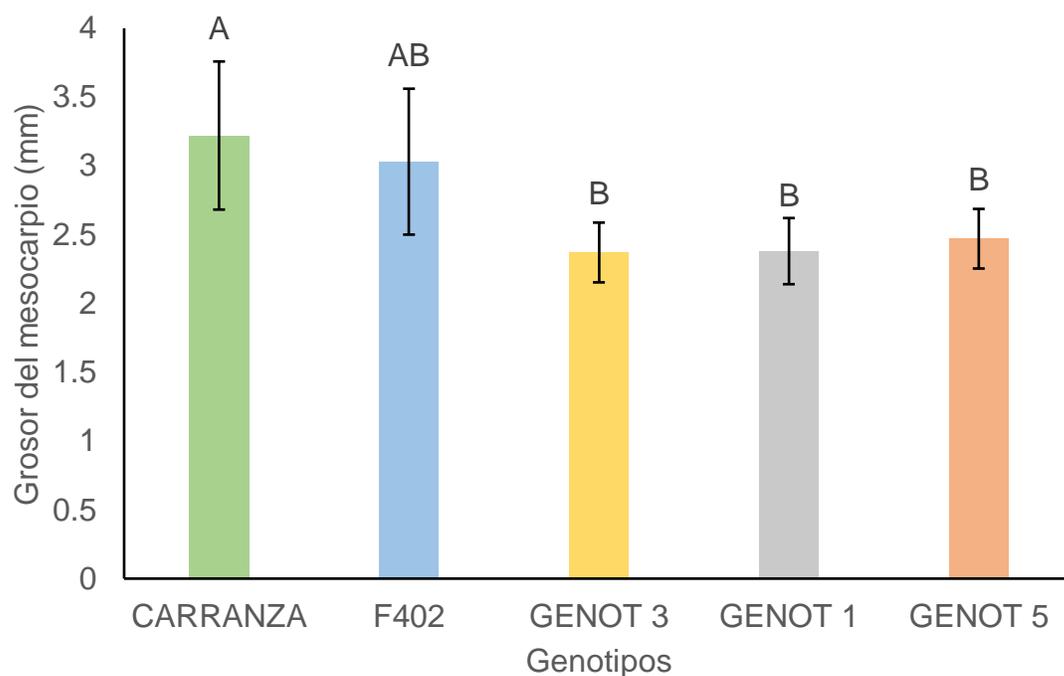


Figura 5. Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable grosor del mesocarpio de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.

6.6. Longitud del pedúnculo

Según en ANAVA no se detectó diferencias estadísticas significativas entre la longitud de pedúnculo de los tratamientos. Sin embargo, el GENOT 5 fue el que obtuvo la mayor longitud del pedúnculo con 51.42 mm seguido del GENOT 3 con 51.02 mm y el GENOT 1 con 50.52 mm. Los híbridos F402 y CARRANZA obtuvieron medias de 48.59 y 46.77 mm, es decir pedúnculos ligeramente más cortos a los genotipos.

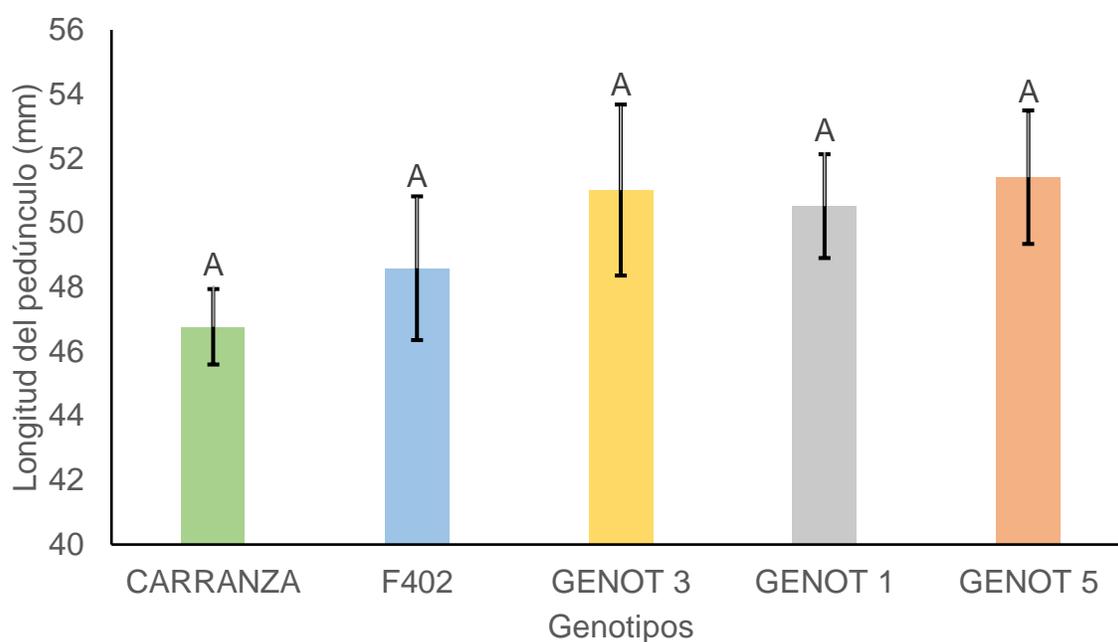


Figura 6. Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable longitud del pedúnculo grosor de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.

6.7. Profundidad del cáliz

Según el ANOVA, se encontraron diferencias estadísticas significativas para la variable profundidad del cáliz. El híbrido CARRANZA fue el que destacó con 17.18 mm, seguido del GENOT 3 con 14.04. El híbrido F402 y los genotipos GENOT 1 y GENOT 5 se mantuvieron estadísticamente similares entre sí pero inferiores a los antes mencionados. Pérez (2022) menciona que también encontró diferencia significativa donde menciona que la profundidad del cáliz de su genotipo uno, presentó un valor de 18.058 mm en promedio y supera el resto de sus genotipos en más de 25% y cuenta con una profundidad de cáliz de entre 8.5 y 5.5 mm.

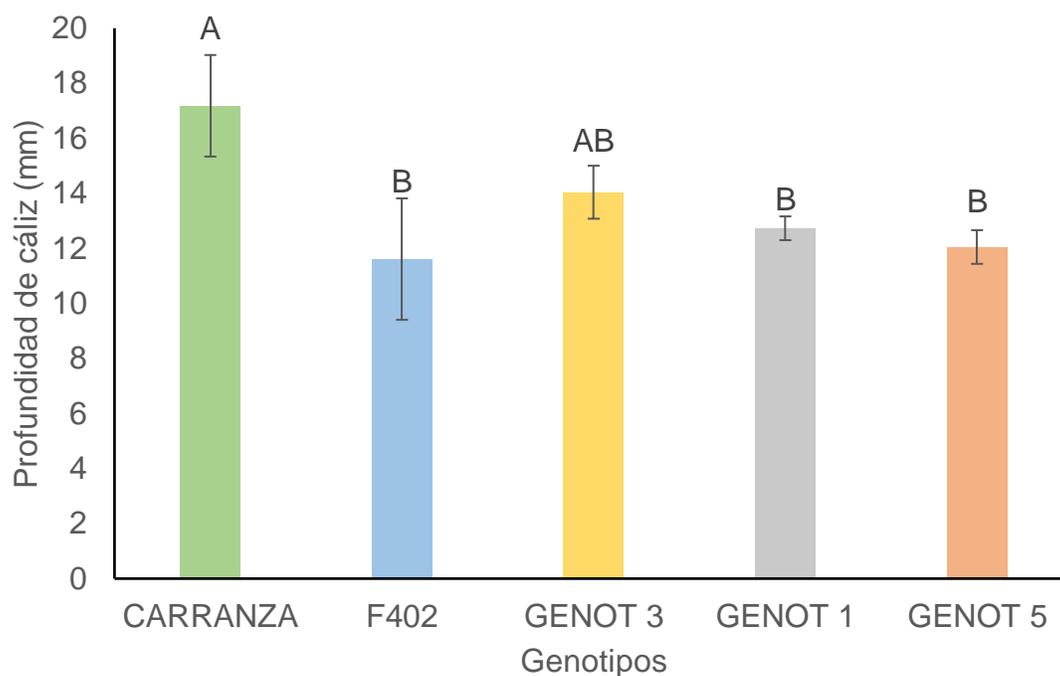


Figura 7. Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable profundidad de cáliz de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.

6.8. Número de lóculos

En cuanto al número de lóculos, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. El genotipo que más destacó fue el GENOT 1 con una media de 2.28 lóculos. Los genotipos GENOT 3, GENOT 5 y el híbrido CARRANZA se mantuvieron en el mismo grupo estadístico con medias de 2.22, 2.17, y 2.11 lóculos. El híbrido F402 fue el que obtuvo una menor media con 2.03 lóculos, lo que significa que la mayoría de los frutos de este híbrido experimental es de dos lóculos, lo cual es preferible para los mercados en fresco.

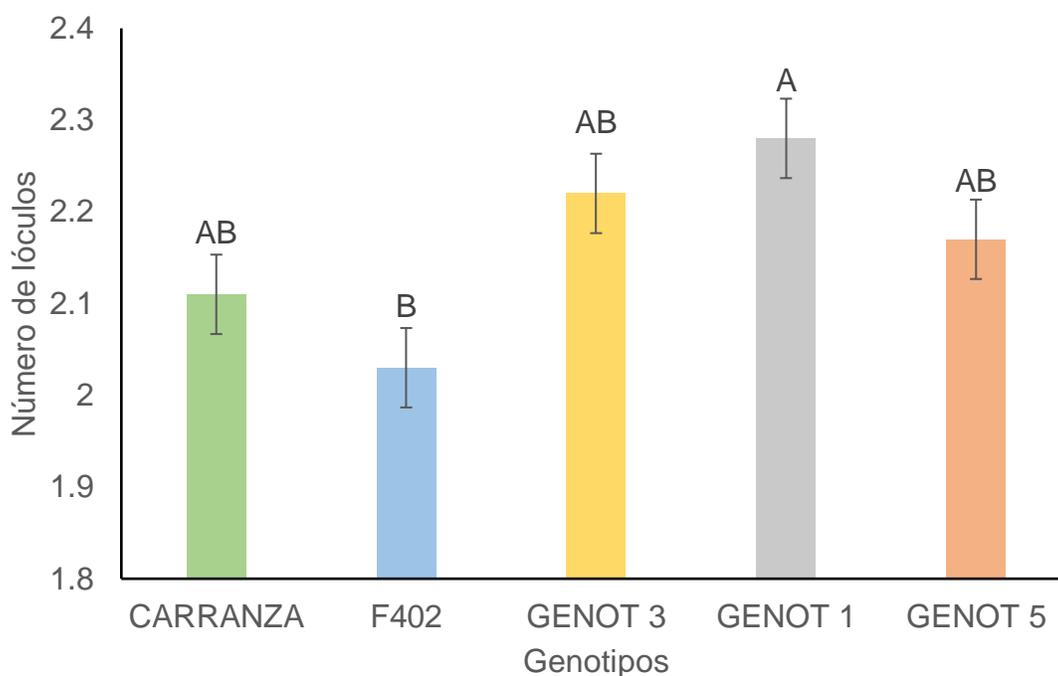


Figura 8. Comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para la variable número de lóculos de tres genotipos y dos híbridos de chile poblano, evaluados a campo abierto en el sureste de Coahuila.

VII. Conclusión

En conclusión, los resultados obtenidos en este estudio evidencian que los híbridos CARRANZA y F402 son los más destacados en términos de ancho de la base del fruto, rendimiento y grosor del mesocarpio, lo que se explica ya que son materiales híbridos.

Los genotipos GENOT 1, GENOT 3 y GENOT 5 mostraron un rendimiento y características morfológicas inferiores en comparación con los híbridos, exceptuando el número de lóculos y competitivos en longitud del fruto.

La elección del genotipo más adecuado dependerá de las necesidades específicas de cada cultivo y de las demandas del agricultor, ya sea en rendimiento, calidad del fruto o características morfológicas particulares. Estos hallazgos ofrecen una base para futuras investigaciones y para la toma de decisiones en la selección de genotipos con fines de mejora.

VIII. Bibliografía

- Abadie, T., & Berretta, A. (2001). Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. En: PROCISUR, *Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur*. Montevideo, Uruguay: IICA.
- Acosta, R. G. F. & Chávez, S. N. 2003. Arreglo topológico y su efecto en rendimiento y calidad de la semilla de chile jalapeño. *Agricultura Técnica en México*. 29(1). 49-60. <https://www.redalyc.org/pdf/608/60829105.pdf>
- Aguirre H. E. & V. Muñoz O. (2015). El chile como alimento. *Academia Mexicana de Ciencias*, 66(3). 16-26. <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/vol-66-numero-3/603-el-chile-como-alimento#:~:text=El%20chile%20es%20uno%20de,exitosa%20y%20amplia%20distribuci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica>.
- Aleksoski, J. (2018). The effect of backcross method in tobacco breeding. *Journal of Agriculture an Plant Sciences*. Vol 16 (1). 9-19. <https://doi.org/10.46763/JAPS>
- Angulo, V. I. & Ortiz, B. M. A. (2020). MEJORAMIENTO GENÉTICO EN PLANTAS ALÓGAMAS Y AUTÓGAMAS. Monografía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 25 p
- Atilano L. M., Marín, S. M., Pérez, N. E. & Villalba, H. R. A. (2007). Identidad y cultura mexicana: el chile. Seminario. Instituto Politécnico Nacional. CDMX, México. 111 p. Recuperado de: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/22788/Identidad%20y%20Cultura%20Mexicana%2C%20El%20chile.pdf?sequence=1>
- Badui, D. S. (2015). La ciencia de los alimentos en la práctica. México, Pearson Educación, 2ª edición. *Cuadernos de Nutrició*, 38(5), 164-165. <https://biblat.unam.mx/es/revista/cuadernos-de-nutricion/articulo/badui-dergal-salvador-la-ciencia-de-los-alimentos-en-la-practica-mexico-pearson-educacion-2a-edicion-2015>
- Begna, T. (2021). Conventional Breeding Methods Widely used to Improve Self-Pollinated Crops. *International Journal Of Research Studies In Agricultural Sciences*, 7(1). <https://doi.org/10.20431/2454-6224.0701001>
- Berrios U.E.M., Arredondo B.C. & Tjalling H. H. (2007). Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad pimienta. The Worldwide Business Formula (SQM). Naaldwijk, Holanda. Recuperado de:

https://web.archive.org/web/20180415110032id_/http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/807/SQM-Crop Kit Pepper L-ES.pdf

- Bliss, A. F. & Gates, E. C. (1967). Directional selection in simulated populations of self-pollinated plants. *Australian Journal of Biological Sciences*. Vol 21. 705-79.
https://www.researchgate.net/profile/Fredrick-Bliss/publication/263027992_Directional_Selection_in_Simulated_Populations_of_Self-Pollinated_Plants/links/578690e408aec5c2e4e2f1ea/Directional-Selection-in-Simulated-Populations-of-Self-Pollinated-Plants.pdf
- Breseghello, F., & Coelho, A. S. G. (2013). Traditional and Modern Plant Breeding Methods with Examples in Rice (*Oryza sativa* L.). *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*. 61(35), 8277-8286. <https://doi.org/10.1021/jf305531j>
- Casali, V. W. D. (1974). Field and computer simulation studies of efficiency of single seed descent for improvement of self-pollinated crops. Doctoral Thesis. Prude University. An Arbor, Michigan.
- Cerezo, M. J. (2014). Métodos de Mejora de Plantas Autógamas Mediante Selección con Retrocruzamiento. *Mejora Vegetal*. Recuperado de: <https://georgiusm.com/wp-content/uploads/2018/12/tema-6-mc3a9todos-de-mejora-de-autc3b3gamas.pdf>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], (2025). Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvias. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- 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). 255.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2011.4.225>
- Cortés P. P. (2014). México, centro de origen y distribución del chile. *Universo UV*. Xalapa, Veracruz, México. Recuperado de: <https://www.uv.mx/universo/general/mexico-centro-de-origen-y-distribucion-del%20chile/>
- Cuarán, D. A. D. P. C., Cardona, J. R. J., Pantoja, R. D. R., Lozano, J. A. V., Cabrera, F. A. V., & Caetano, C. M. (2022). Caracterización morfológica y proximal de introducciones de *Capsicum chinense* Jacq. (Solanaceae) para uso en programas

- Hernández-Verdugo, S., R.G. Guevara-González, R.F. Rivera-Bustamante, C. Vázquez-Yanes y K. Oyama (1998). Los parientes silvestres del chile (*Capsicum* spp.) como recursos genéticos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 62: 171-181.
- Hospital, F. (2005). Selection in backcross programmes. *Philosophical Transactions Of The Royal Society B Biological Sciences*, 360(1459), 1503-1511.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1670>
- Huerta, d. I. P. A., Fernández R. S. & Ocampo F. I. (2007). Chile poblano importancia económica y sociocultural (1ª ed.). Heróica Puebla de Zaragoza, Puebla: COLPOS
- Huertos, R. J. A., Marín, C. M. d. P., M., Gordillo, M. F. A., Flores, N. A., García, R. F., & Camposeco (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>
- Johnson Ch. D. & Decoteau, D. R. (1996). Nitrogen and potassium fertility affects jalapeño pepper plant growth, pod yield and pungency. *HortScience*. 31 (7). 1119-1123.
- Kraft K.H., Brown H.C., Nabhan P.G., Ludeling E., Luna R.J.J., Coppens E. y R. Hijmansy P.G. (2014). Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum*, in México. *PNAS*. 111(17). 6165-6170.
<https://doi.org/10.1073/pnas.130893311>
- Llatas, M. N. S., Ulloa, W. E. V., Aguilar, E. E. V., Huaman, J. J. P., Luján, L. F. R., Cerdan, W. G. B., Pita, D. B. R., Rodriguez, J. V., Rodríguez, S. F. R., Regalado, L. S. V., Pizarro, F. M. S., Angeles, J. J. R., & Rosales, Y. I. Y. (2021). *MEJORAMIENTO GENÉTICO EN PLANTAS AUTÓGAMAS*. DOI:
<http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.01.14>
- Lenaerts, B.; Collard, B. C. and Demont, M. 2019. Improving global food security through accelerated plant breeding. *Plant Science*. 287 (110207): 1-8.
- López, P. D. T. (2017). EFECTO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DE DOS VARIEDADES DE CHILE ANCHO (*Capsicum annuum*) EN CASCAJAL - SANTA - ANCASH. Tesis. Universidad Nacional de Santa. Chimbote, Perú. 162p
- Maroto B.J.V. (2002). Hortalizas aprovechables por sus frutos: Pimiento. (456-464 pp.), in: Maroto B.J.V., *Horticultura Herbácea Especial*. 5ª Ed. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

- Márquez, J. M. (2011). El manejo integrado de plagas. *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. (Melgar M, Meneses A, Orozco H, Pérez O, Espinosa R. Eds).* CENGICAÑA, Guatemala, 204-231.
- Muñoz-Ramos J.J. (2004). Manejo del Cultivo de Pimiento en Invernadero. 257-281 p. in: Castellanos Z. J. *Manual de Producción Hortícola en Invernadero.* 2^{da} Ed. Celaya, Guanajuato: INTAGRI.
- Nakayama, H. D., González, M. C., Samudio, O. A., Britos, R. M., Mussi Cataldi, C., Cantero, F. A., Benítez, J. V., & Peralta López, I. (2018). Fitomejoramiento Participativo del KA'A HE' (1^a ed.). [EPub]. San Lorenzo, Paraguay: CONACYT.
- Nuez, V. F., Gil, O. R. & Costa, G. J. (2003). El cultivo de pimientos, chiles y ajíes [EPub]. Editoriales Mundi-Prensa.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2023). Índices de Producción. Recuperado de: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QI>
- Pérez, A. A. (2024). Evaluación agronómica de cinco híbridos experimentales de chile poblano bajo malla sombra en el Sureste de Coahuila. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 43p.
- Perry, L., & Flannery, K. V. (2007). Precolumbian use of chili peppers in the Valley of Oaxaca, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(29), 11905-11909. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704936104>.
- Rita, R. R. (2019). Manual de cultivo de Ají Charapita (*Capsicum frutescens* L.). 1^a ed. [EPub]. Ucayali, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.
- Rivera, L. W. N. (2016). Mejoramiento del rendimiento de maíz a través de la selección masal estratificada. Recuperado de: <https://idp.cimmyt.org/mejoramiento-del-rendimiento-de-maiz-a-traves-de-la-seleccion-masal-estratificada/>
- SAGARPA. (2012). Plan Rector del Sistema Producto Chile Seco 24 de febrero de 2012. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/search/index?query=origen+del+aji+en+mexico&dateFromYear=&dateFromMonth=&dateFromDay=&dateToYear=&dateToMonth=&dateToDay=&authors=>
- Santiago, L. U., Ramírez, M. M. & Méndez, A. R. (2018). HAP14F: Híbrido de chile ancho poblano para el Altiplano de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9(2). 481-485. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1088>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2019). Programa De Trabajo Específico de la campaña Contra el Picudo del Chile a Operar con Recursos del Programa de Sanidad Inocuidad Agroalimentaria 2019, Componente de la Campañas Fitozoosanitarias, en el Estado de Zacatecas. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/561948/CHILE.pdf>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. (2012). Plan Rector del Sistema Producto Chile Seco Recuperado de: https://www.fec-chiapas.com.mx/sistema/biblioteca_digital/plan-rector-2012-nacional-chile.pdf

Secretaría Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA]. (2014). PROGRAMA DE TRABAJO DE LA CAMPAÑA MANEJO FIROSANITARIO DE CHILE, A OPERAR CON RECURSOS DEL COMPONENTE DE SANIDAD VEGETAL DEL PROGRAMA DE SANIDAD E INOCUIDAD AGROALIMENTARIA 2014, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/156538/Manejo_fitosanitario_del_chile.pdf

Secretaría Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA]. (2020). Mosquita blanca *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae). Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/600965/Mosquita_blanca.pdf

Secretaría Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA]. (2017). Trips oriental *Thrips palmi* Karny 1925 (Thysanoptera: Thripidae). Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/301380/Ficha_tecnica_Thrips_palmi_Sep_2017.pdf

Secretaría Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA]. (2020) *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Acari: Tetranychidae). Recuperado de: <https://cesavem.mx/fichas/Ficha%20te%CC%81cnica%20tetranychus%20urticae.pdf>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2023). Producción Anual Agrícola. Recuperado de: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [SIAP]. (2010). Un panorama del cultivo del chile. Recuperado de:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Finfo.siap.gob.mx%2Fimagenes%2Fstories%2Finfogramas%2F100705-monografia-chile.pdf&psig=AOvVaw1e4w-uvPEt-WRuKVSCRWaF&ust=1740165091149000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAQQn5wMahcKEwiYv8-s-tKLaxUAAAAAHQAAAAAQBA>

- Sotolongo, S. R., Geada, L. G., Cobas, L. M. (2012). Mejoramiento genético forestal. Recuperado de: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Mejoramiento%20Genetico%20Forestal.pdf
- Srivastava, A., Mangal, M. (2019). Capsicum Breeding: History and Development. In: Ramchiary, N., Kole, C. (eds) *The Capsicum Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97217-6_3
- Stuber, W. Ch. (1994). Heterosis in Plant Breeding. In Janick, J. *Plant Breeding Reviews*. Vol 12. New York, USA: John Wiley & Sons Inc.
- Tracy, F. W. (2004). Breeding: The Backcross Method. In Goodman, M. R. *Encyclopedia of Plant and Crop Science*. 1ª ed. [EPub]. New York, USA: Rotledge. <https://doi.org/10.1201/9780203757604>
- Ulloa, C. 2006. Aromas y sabores andinos. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. 313-328 <https://www.mobot.org/mobot/research/curators/pdf/Aromas.pdf>
- Vallejo, C. F. A. (1994). Capítulo II: consideraciones generales sobre el mejoramiento genético de tomate, *Lycopersicon esculentum*, Mill. *Acta Agronómica*. 44 (11). <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/29497/15550-48762-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>