

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Desempeño Agronómico y Morfológico de Híbridos Experimentales de Chile
Poblano (*Capsicum annum* L.)

Por:

JESÚS DANIEL MORALES MENCHACA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Desempeño Agronómico y Morfológico de Híbridos Experimentales de Chile
Poblano (*Capsicum annum* L.)

Por:


JESÚS DANIEL MORALES MENCHACA

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



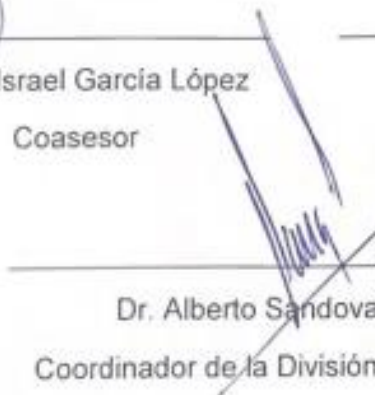
Dr. Josué Israel García López

Coasesor



Dr. Antonio Flores Naveda

Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Cangel

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2023

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

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

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

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

Pasante


Jesús Daniel Morales Menchaca

AGRADECIMIENTO

A mis **Padres** que siempre me brindaron el apoyo infinito para lograr mis objetivos como estudiante foráneo, por ese apoyo incondicional en cada momento de mi carrera, siempre haciéndose responsables de su hijo sin importar la distancia ni tiempo dado, por fortalecerme y formar una buena persona de gran corazón y actitudes que me están haciendo llegar lejos y cumplir mis metas propuestas. También por ese gran soporte económico que me brindaron para continuar mis estudios y nunca abandonarlos.

A **DIOS** por siempre ser mi compañero de vida y grandes experiencias, haciendo que alcance a llegar a esta etapa de mi vida, siempre iluminando mi camino absoluto para llegar a obtener lo que me propongo, por darme salud, sustento y vida durante todo este tiempo estudiantil y siempre mantenerme enfocado en el éxito.

A mi “**Alma Terra Mater**” la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme las puertas de sus instalaciones y darme un camino de excelencia académica y profesional, proporcionándome las herramientas necesarias para forjarme como un gran ingeniero y tener las expectativas muy altas para tener éxito en mi vida.

A el **Dr. Neymar Camposeco Montejo** por darme la oportunidad y confianza para desarrollar este proyecto de investigación, por ser un gran profesional con dedicación y paciencia hacia sus asesorados y siempre mantenernos positivos con sus consejos y palabras que nos brindó durante este lapso. Gracias por ser un gran ejemplo de persona y darme de su tiempo, para así lograr obtener mi título profesional.

Al **C. Lorenzo Villa Sandoval**, por su apoyo en el desarrollo del proyecto y gran colaborador del Dr. Neymar Camposeco Montejo.

DEDICATORIA

A mi madre, Ma. Del Rocío Menchaca Rosales

Por todo el amor, comprensión, apoyo y sacrificio.

A mi padre, Jaime Enrique Morales Dávila

Por ser mi ejemplo a seguir, por los grandes consejos y apoyo.

A mis hermanas; Evangelina, Lucía y Sofía

Por su paciencia y siempre apoyarme en cualquier situación que me enfrento.

A mi hermano, Jaime Enrique Morales Dávila

Que a pesar de no vernos se mantiene firme y con buenos consejos.

A mi abuelita, Ma. de la Luz Rosales Ramírez

Por siempre mantener esa sonrisa cuando me ve y sus grandes bendiciones.

A mi sobrina/hermana, Camila Scarlett Morales Menchaca

Por siempre darme mucho cariño y aprecio y ser parte de esta motivación.

A mis tíos; Crescencio Morales y Francisca Andrade

Por siempre apoyarme estando fuera de México y por sus buenos consejos.

A mi novia; Diana Guadalupe Saucedo Arriaga

Por ser un gran apoyo en este último lapso de tiempo y hacerme sentir con capacidad ante muchos sucesos.

A mis amigos Oswaldo Fuentes, Isaac Madrueño, Omar Acosta y Edgar Muños

Que siempre estuvieron en contacto de principio a fin, y que son parte fundamental de haber cursado esta carrera con motivación y entusiasmo, demostrándome que estarán en las buenas y malas, además de que la hermandad buitre se lleva en el corazón y nunca se deja de lado.

A mi equipo de tesis; Israel Alvarado, Mauricio Ruiz, Francisco Ledesma y Elver Torres

Que persistentemente mostraron apoyo y actitud para hacer las cosas y así darme cuenta de que cada persona es un mundo y piensa diferente, pero cuando estas rodeado de personas que se proponen metas, los objetivos se cumplen.

Este logro lo comparto con ustedes, porque fueron parte del proceso...

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS.....	XI
RESUMEN.....	XII
1. Introducción	13
2. Objetivos.....	14
2.1 Objetivo general	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. hipótesis	15
4. Revisión de literatura	16
4.1 Origen del cultivo.....	16
4.2 Taxonomía	16
4.3 Descripción Botánica.....	17
4.3.1 Planta	17
4.3.2 Sistema radicular	17
4.3.3 Tallo principal.....	17
4.3.4 Hoja	18
4.3.5 Flor	18
4.3.6 El Fruto	18
4.4 Factores de clima y suelo que favorecen al cultivo	18
4.5 Plagas	19

4.6 Enfermedades	20
4.6.1 Enfermedades virales	20
4.7 Importancia del chile a nivel mundial.....	20
4.8 Importancia del chile poblano en México	21
4.9 Importancia del chile poblano en Coahuila.....	22
4.10 Valor nutricional del chile poblano.....	23
4.11 Investigación de fitomejoramiento en diferentes cultivos y especies	23
4.12 Fitomejoramiento del chile en México	23
4.13 Tipos de mejoramiento genético	26
4.13.1 Selección genealógica (método por pedigree).....	26
4.13.2 Hibridación.....	26
4.13.3 Selección masal.....	26
4.13.4 Retrocruzamiento	26
4.13.5 Selección asistida por marcadores moleculares.....	27
4.13.6 Inducción de mutaciones	27
4.13.7 Cultivo de tejidos	27
4.13.8 Ingeniería genética y mejoramiento de genes	28
5. Materiales y metodos.....	28
5.1 Localización del sitio experimental	28
5.2 Material genético	28
5.3 Diseño de la parcela experimental	28
5.4 Labores culturales.....	29
5.4.1 Siembra	29
5.4.2 Trasplante.....	29

5.4.3 Fertilización.....	30
5.4.4 Riego	32
5.4.5 Tutorado	32
5.4.6 Control de plagas y enfermedades	32
5.4.7 Cosecha	33
5.4.8 Variables agronómicas evaluadas	34
6. resultados y discusión	37
6.1 Rendimiento (gramos por planta)	37
6.2 Numero de frutos por planta.....	38
6.3 Peso promedio del fruto	39
6.4 Longitud del fruto.....	40
6.5 Ancho de la base del fruto.....	41
6.6 Diámetro ecuatorial del fruto	42
6.7 Grosor del mesocarpio	43
6.8 Rendimiento calculado en toneladas por hectárea (t ha-1)	44
7. Conclusión.....	45
8. Referencias	46

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Valor de la producción bruta (miles US\$) de Chile (2021) (FAOSTAT 2023)	21
FIGURA 2. Daniel Morales, 2022. siembra de semilla de Chile poblano en charolas de 200 cavidades con sustrato peat moss al 70% y perlita al 30%.	29
FIGURA 3. Daniel Morales, 2022. trasplante de plántula de Chile poblano a 30 cm entre planta y a 1.8 m entre surcos.	30
FIGURA 4. Daniel Morales, 2022. producto fertidrip para la nutrición de los Chile poblanos.....	30
FIGURA 5. Daniel Morales, 2022. aplicación con atomizador del Producto Algasur.	31
FIGURA 6. Daniel Morales, 2022. producto Algasur.....	31
FIGURA 7. Daniel Morales, 2022. frutos cosechados y marcados según su tratamiento.	33
FIGURA 8. Daniel Morales, 2022. frutos cosechados de acuerdo con la madurez, tamaño, y forma.....	34
FIGURA 9. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable de rendimiento en gramos por planta, de ocho híbridos experimentales de Chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar.....	37
FIGURA 10. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable de número de frutos por planta de ocho híbridos experimentales de Chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar.....	38
FIGURA 11. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable de peso promedio del fruto de ocho híbridos experimentales de Chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar.....	39
FIGURA 12. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable de longitud del fruto de ocho híbridos experimentales de Chile poblano, bajo	

condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar..... 40

FIGURA 13. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable ancho de la base del fruto de ocho híbridos experimentales de chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar..... 41

FIGURA 14. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable diámetro ecuatorial del fruto de ocho híbridos experimentales de chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar..... 42

FIGURA 15. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable grosor del mesocarpio de ocho híbridos experimentales de chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar..... 43

FIGURA 16. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable rendimiento calculado en toneladas por hectárea ($t \text{ ha}^{-1}$) de ocho híbridos experimentales de chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México. las líneas verticales indican la desviación estándar. 44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. SIAP, 2022. producción nacional de chile poblano en el año 2022.	22
Cuadro 2. Fehr W. R., (1991). principles of cultivar development. vol. 1. theory and technique. Macmillan, New York, USA. 536 p.	25
Cuadro 3. Daniel Morales, 2023. cosechas realizadas en los ocho híbridos evaluados después del trasplante.	34

RESUMEN

La presente investigación se realizó a campo abierto en el área de terreno del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. El material genético utilizado fueron 8 híbridos experimentales de chile poblano (*Capsicum annuum* L.), que están siendo mejorados genéticamente por el Dr. Neymar Camposeco Montejo, Profesor investigador de mejoramiento genético y nutrición de plantas de la universidad. Después de un buen manejo del cultivo y las actividades de campo que utilizamos para su desarrollo y fructificación para poder llegar a obtener la cosecha; el objetivo fue evaluar el desempeño agronómico y morfológico de los híbridos experimentales mediante la toma de datos de diferentes variables de respuesta, se midió grosor de tallo y tamaño de planta, para posteriormente en la cosecha del cultivo evaluar una serie de fenotipos en laboratorio. En el experimento se utilizó el diseño completamente al azar y modelo matemático estadístico como completamente al azar con 8 tratamientos y cuatro repeticiones y se utilizó la prueba de medias de Tukey al 95 % de confiabilidad. Los resultados mostraron diferencias estadísticas en todas las variables de rendimiento y componentes de rendimiento evaluadas, se observa que el rendimiento fue superior en el híbrido 0302, en número de frutos por planta el híbrido 0402, en peso promedio de fruto 0304, 0400 y 0302, en longitud y ancho de fruto también destacaron dichos híbridos, en ancho de base, centro y grosor de mesocarpio, se observó una respuesta similar en los híbridos a excepción de 0304 y 0401. En la variable de rendimiento calculado en toneladas por hectárea, resultaron superiores los híbridos experimentales 0302 con 30 t ha⁻¹ de color rojo a la maduración y el híbrido 0402 con 28.7 t ha⁻¹ de color chocolate a la maduración, aunque, en el mismo grupo estadístico también se encuentran 0304, 0400 y 0403, los de menor rendimiento fueron 0301 y 0401. Por lo anterior el desempeño agronómico y morfológico de los híbridos experimentales fue variable, pero da la pauta para continuar con las evaluaciones de los híbridos sobresalientes en otros ambientes y lugares de cultivo.

Palabras clave: mejoramiento, híbridos, variable

1. INTRODUCCIÓN

La domesticación del chile (*Capsicum annuum* L.) se efectuó en México, gracias a lo cual se encuentra una gran riqueza de variedades en el país. En el centro del país se encuentra distribuido el chile 'Poblano', que no es consumido por su contenido de capsaicina, como la mayoría de las especies del género, sino como ingrediente principal de platillos tradicionales (Toledo, 2011). (*Capsicum annuum* L.) presenta gran variedad de tipos uno de los cuales es el chile "poblano" o "mulato", que por ser ingrediente básico de platillos tradicionales tiene gran importancia gastronómica, económica y social en Puebla (López-Sánchez, 2011). El chile poblano (*Capsicum annuum* L.) es cultivado en tierras templadas y calientes, en general alcanza de 30 a 80 centímetros de altura. El tallo es erguido, ramoso y liso. Las hojas son generalmente ovadas, lisas y lustrosas. Es fresco, carnoso, de tamaño grande, generalmente de color verde oscuro con piel brillante.

A escala internacional, México es el segundo productor, dedicando más de 140 mil hectáreas al cultivo de este fruto. El estado de Chihuahua es el principal productor de chile con 562 mil toneladas al año; le siguen los estados de Sinaloa con 556 mil; y el estado de Zacatecas con 348 mil toneladas (Rural, 2022). En los últimos años se ha observado una reducción en sus rendimientos y en su superficie sembrada, debido a factores como variedades, heladas, plagas y enfermedades, entre otros, lo que puede llevar a pérdida de su diversidad genética. Pese a todas las problemáticas, poco se ha investigado para solucionar su problemática actual.

Por lo anterior, para coadyuvar a solucionar la problemática de producción de chiles y en particular de chile tipo poblano en la región, es necesario recurrir a la diversidad genética existente, ya que se ha reportado que por medio del contenido de alelos favorables en las poblaciones cultivadas y silvestres se puede tratar de mejorar genéticamente cultivos como el chile poblano. Por lo tanto, es necesario conocer la diversidad morfológica y el potencial agronómico de las variedades nativas de chile poblano, aspectos que han sido poco estudiados (López-Sánchez, 2011). En este sentido la generación de híbridos a partir de poblaciones nativas o criollos resulta de interés. Es por ello que se plantearon los siguientes objetivos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- ❖ Evaluar el desempeño agronómico y morfológico de ocho híbridos experimentales del chile poblano en el sureste Coahuila.

2.2 Objetivos específicos

- ❖ Evaluar los diferentes fenotipos de ocho híbridos experimentales de chile poblano en el sureste de Coahuila.
- ❖ Determinar mediante el desempeño agronómico, el híbrido con mejor potencial para su cultivo en el sureste Coahuila.

3. HIPÓTESIS

- ❖ Al menos uno de los ocho híbridos experimentales, mostrará un mejor comportamiento agronómico, y tendrá las características necesarias para su adaptabilidad y cultivo en la región de Coahuila.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen del cultivo

El chile es uno de los alimentos básicos en México y forma parte de la tradición culinaria y gastronómica del país. El chile poblano recibe este nombre porque se han encontrado evidencias de su cultivo hace más de 6.000 años en el Valle de Tehuacán, en el estado de Puebla, ubicado al sureste de la Ciudad de México (Flores, 2017).

4.2 Taxonomía

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).

Dentro del género se encuentran 38 especies registradas, de las cuales *Capsicum annuum*, *C. assamicum*, *C. baccatum*, *C. frutescense*, *C. chinense* y *C. pubescens* son las cultivadas (Kehie *et al.*, 2014). La de mayor importancia a nivel mundial según (López *et al.*, 2016) es *C. annuum*, especie que se ha confirmado, por evidencias genéticas y arqueobotánicas, que su domesticación ocurrió en la parte noreste y centro-este de México (Kraft *et al.*, 2014). Posiblemente, debido a ello es que en México se encuentra una gran variabilidad morfológica y genética en las silvestres (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999). Según la (SADER, 2020) el territorio nacional se tienen 64 tipos diferentes de chiles criollos. Los chiles más cultivados en México son: chile De Árbol, Jalapeño, Habanero, Serrano, Poblano y Pimiento Morrón (FND, 2020). Dentro de los chiles considerados de tipo ancho se encuentran

seis: Dulce, Mulato, Ancho, Miahuateco, Huacle o Chilhuacle cristalinos (Vera, 2016; Toledo-Aguilar *et al.*,2016).

4.3 Descripción Botánica

El chile poblano, es un excelente producto para los mercados tanto nacional como regional, debido a su calidad, rendimiento y al tipo de fruto que presenta, frutos de 12 a 16 cm de longitud, color verde intenso, de maduración en color marrón café oscuro, paredes gruesas y con un 75% de frutos lisos de 2 venas (lóculos), siendo el restante de 3 lóculos (esta proporción puede variar con las condiciones ambientales y localidad) plantas vigorosas con entre nudos largos y pedúnculo fuerte. Su maduración es verde oscuro brillante para su cosecha en fresco y color marrón café oscuro para deshidratado. Su contenido de capsaicina es medio, dándole el picor característico de este tipo de chile.

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 2 o 3 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.

El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nervaduras secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto.

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 autógena, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10%.

4.3.6 El Fruto

El fruto es una baya hueca, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 centímetros (SAGARPA, 2012).

4.4 Factores de clima y suelo que favorecen al cultivo

En relación con la temperatura el chile poblano es una planta muy exigente de calor para un buen desarrollo y producción la planta se requiere temperaturas entre los 20 °C a 25 °C, temperaturas superiores a 30°C se produce caídas de flores y por

debajo de los 15°C se retrasa su crecimiento y menos de 10° C se producen daños importantes. Por otro lado, esta especie requiere una humedad relativa entre 50% y 70% especialmente en la floración y en el cuajado de frutos. La luminosidad es muy importante en el chile poblano durante todo su proceso vegetativo especialmente en la floración. La falta de luz afecta la floración y se puede presentar ahilamiento en la planta, es decir, alargamientos entrenudos y tallos que quedan débiles y no soportan el peso de los frutos. El cultivo se adapta mejor a suelos con textura de areno-limosa, no se adapta bien a suelos arcillosos, de cualquier manera, deben evitarse excesos de humedad debido a desarrollarse enfermedades causadas por hongos presentes en el suelo. El pH óptimo para el chile es de 6.5 a 7.0 (Huerta *et al.*, 2007).

4.5 Plagas

Son un componente del manejo integrado de plagas (MIP) los cultivos trampa, que sirven para atraer a los insectos benéficos, enemigos naturales de las plagas, otra técnica es la colocación de feromonas de confusión sexual para la detección y control de adultos de los gusanos del fruto, así como la colocación de trampas de colores (amarillas, azules y naranja) con pegamento para atrapar de forma masiva a insecto plaga (Pérez, 2009).

En el cultivo del chile se presentan alrededor de 15 especies de insectos plaga que afectan la producción y calidad del cultivo, en general se ha observado que lo más común es la aplicación de agroquímicos de manera excesiva y de alta toxicidad, lo cual incrementa los costos de producción y no se controlan satisfactoriamente.

Principales especies de insectos y ácaros considerados como plaga en el chile poblano: Araña roja (*Tetranychus spp*), Chicharrita (*Eutettix tenellus*), Diabrotica (*Diabrotica balteata*), Grillo de campo (*Archeta assimilis*), Gusano del fruto o barrenador (*Heliothis zea*), Gusano trozador (*Agrotis sp; Prodenia spp.*), Gusano soldado (*Spodoptera exigua*), Minador de la hoja (*Liriomyza sp*), Mosca blanca (*Trialeurodes vaporarium*), Pulga saltona (*Epitrix spp*), Pulgón (*Myzus persicae*) (Huerta de la Peña *et al.*, 2007).

4.6 Enfermedades

Existen alrededor de 16 enfermedades asociadas con el cultivo de chile en nuestro país, no obstante, el número podría ser mayor. Las principales enfermedades que llegan a presentarse en el cultivo del chile poblano son: Marchitez del chile (*Phytophthora capsici* Leo), Damping off (*Pythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium spp*), Falso nematodo del nudo (*Nacobbus aberrans*), virosis en chile poblano (Huerta de la Peña *et al.*, 2007).

4.6.1 Enfermedades virales

Las enfermedades virales ocasionan con frecuencia pérdidas considerables al cultivo llegando en ciertos años a pérdidas totales del cultivo en la región se han identificado todos los virus reportados en México para el cultivo de Chile como, (*Tobacco etch potyvirus*) Virus jaspeado de tabaco, TEV, (*Tobacco mosaic potyvirus*) Virus mosaico del tabaco, TMV y (*Cucumber mosaic cucumovirus*) Virus mosaico del pepino, CMV, los cuales son transmitidos preferentemente por mosquita blanca y pulgón verde; y virus permanente el cual es transmitido preferentemente por áfidos y mosquita blanca. Para evitar o disminuir la presencia de este tipo de virus es conveniente mantener el cultivo libre de insectos vectores (SAGARPA, 2012).

4.7 Importancia del chile a nivel mundial

El valor de la producción mundial de chile fresco es de 31,418.5 millones de dólares, de los cuales, 12,930.5 millones de dólares corresponden a China. El valor del chile en España es de 1, 924.9 millones de dólares, el de México de 1, 511.54 millones de dólares, el de Turquía de 918.76 y Países bajos con 579.95 millones de dólares, por mencionar la importancia económica de algunos de los principales países productores (Figura 1) (FAOSTAT, 2021).

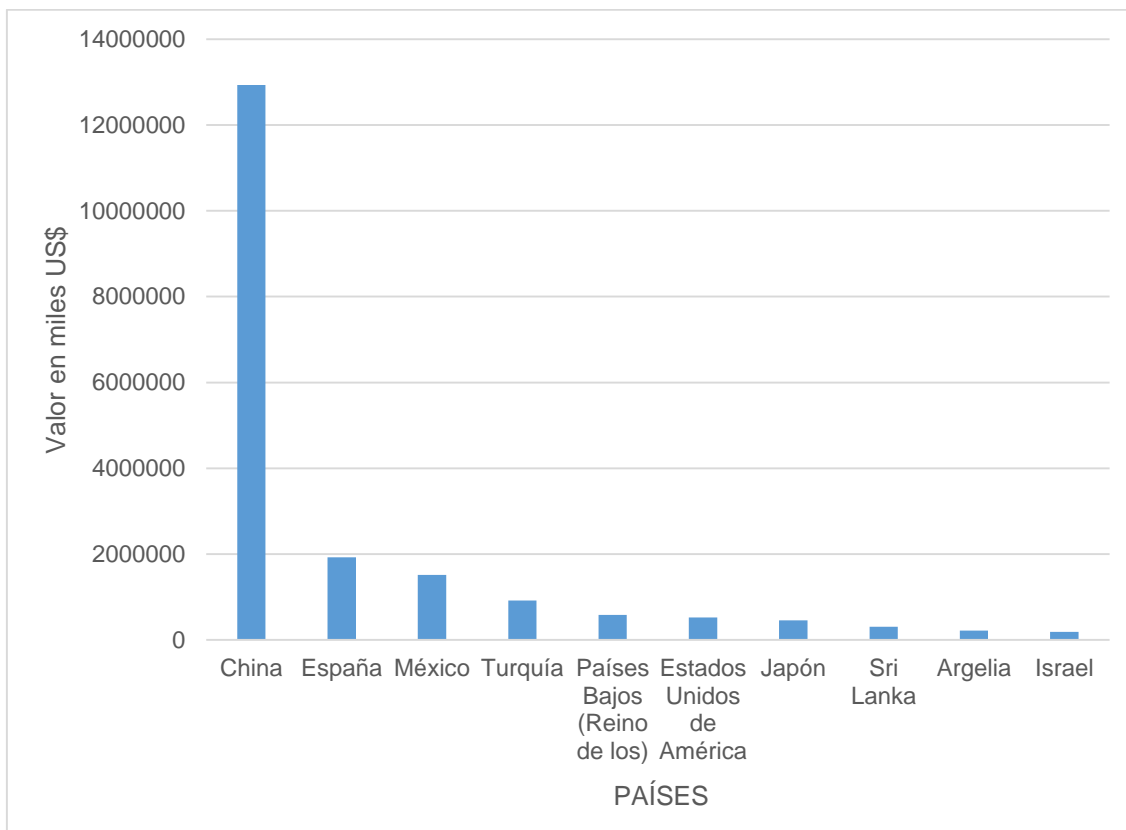


FIGURA 1. Valor de la producción bruta (miles US\$) de Chile (2021) (FAOSTAT 2023)

4.8 Importancia del Chile Poblano en México

En México en el año 2022, se presentaron una variedad de resultados en el cultivo de Chile Poblano, lo cual se calcula con respecto a la producción agrícola en ciclo; cíclicos – perennes y a una modalidad de datos obtenida contando superficies de terreno agrícola que contienen riego y de temporal los siguientes resultados;

	Entidad	Superficie			Producción	Rendimiento (udm/ha)	PMR (\$/udm)	Valor Producción (miles de Pesos)
		(ha)						
		Sembrada	Cosechada	Siniestrada				
1	Aguascalientes	615	615	0	11,116.56	18.08	8,060.05	89,600.03
2	Baja California Sur	823.5	823.5	0	43,514.40	52.84	7,011.30	305,092.31
3	Coahuila	70	70	0	1,328.50	18.98	19,457.43	25,849.20
4	Chihuahua	237	237	0	6,716.00	28.34	15,523.23	104,254.00
5	Durango	706.5	706.5	0	10,443.04	14.78	9,584.39	100,090.19
6	Guanajuato	3,270.50	3,270.50	0	62,657.08	19.16	13,250.07	830,210.80
7	Jalisco	1,625.50	1,625.50	0	51,772.61	31.85	12,497.87	647,047.55
8	Michoacán	695.5	695.5	0	26,788.27	38.52	15,088.70	404,200.08
9	Puebla	405.4	405.4	0	4,037.20	9.96	15,082.94	60,892.84
10	San Luis Potosí	762	762	0	27,013.70	35.45	12,437.89	335,993.30
11	Sinaloa	1,371.28	1,243.28	128	37,407.67	30.09	5,762.30	215,554.13
12	Veracruz	35.2	35.2	0	592.92	16.84	9,925.11	5,884.79
13	Zacatecas	6,079.50	6,079.50	0	131,268.59	21.59	8,548.60	1,122,162.57
Total		16,696.88	16,568.88	128	414,656.54	25.03	10,241.81	4,246,831.81

Cuadro 1. SIAP, 2022. producción nacional de chile poblano en el año 2022.

A nivel nacional México logro obtener la suma de 16,696.88 ha sembradas, de la cual se obtuvo un volumen de 414,656.54 toneladas de producción, dando así un valor de producción de \$4,264,831 pesos mexicanos.

Sin embargo, nos indica que el primer estado productor de chile poblano con mayor superficie de área sembrada y con mayor rendimiento en el año 2022, fue el estado de Zacatecas contando con 6,079.50 ha sembradas y una producción de 131,268.59 toneladas, dando así un valor de producción de \$1,122 millones de pesos mexicanos, en segundo lugar el estado de Guanajuato con una superficie sembrada de 3,270.50 ha y un rendimiento de 62,657.08 toneladas y en tercer lugar el estado de Jalisco contando con una superficie sembrada de 1,625.50 ha y obteniendo una producción de 51,772.61 toneladas (Cuadro 1) (SIAP, 2022).

4.9 Importancia del chile poblano en Coahuila

Coahuila se encuentra en el penúltimo lugar de producción del chile poblano en el año de 2022, contando la superficie total sembrada reúne la cantidad de 70 has sembradas en todo el estado, obteniendo un rendimiento de 18.98 t ha⁻¹ en

promedio la cual da como resultado de producción la suma de 1,328.50 toneladas, dando así un valor de producción de 25,849.20 pesos mexicanos (Cuadro 1) (SIAP, 2022).

4.10 Valor nutricional del chile poblano

El chile constituye una fuente importante de nutrimentos, ya que en promedio 148 g de chiles contienen 30 calorías, 7 g de carbohidratos, 2 g de fibra dietética, 4 g de azúcar, un gramo de proteína; proporciona también 2% de calcio y 2% de hierro (Bosland y Votava, 2000). Análisis químicos han demostrado que el chile contiene concentraciones relativamente altas de varios nutrientes esenciales, incluyendo la vitamina C (hasta seis veces más que una naranja) y provitaminas A, E, P, B₁, B₂ y B₃ (Cichewicz, 1996).

4.11 Investigación de fitomejoramiento en diferentes cultivos y especies

En México, los programas de fitomejoramiento que han tenido mayor protagonismo son los orientados a los cultivos de maíz y trigo, donde instituciones como el CIMMYT, INIFAP y diversas universidades han sido los principales protagonistas. En 1967 la región de la Sierra Nevada formó parte del área de influencia del Plan Puebla, donde se aplicó una estrategia para incrementar los rendimientos de maíz con productores que practicaban agricultura tradicional, con el fitomejoramiento como un elemento de esta estrategia, buscando incrementar los rendimientos de maíz con el uso de variedades mejoradas, encontrando que los materiales mejorados introducidos no superaban a las variedades locales, debido a la plena adaptación de éstas últimas a las condiciones ambientales, de manejo y de usos en la región (Cervantes y Mejía, 1984). Además, por la importancia en la dieta mexicana, el cultivo de frijol también ocupa un lugar importante en los programas nacionales de mejoramiento (Cárdenas, 2000; Acosta-Gallegos *et al.*, 2000).

4.12 Fitomejoramiento del chile en México

En México, para el cultivo de chile, la principal estrategia de mejoramiento ha sido la introducción y selección de líneas desarrolladas en el extranjero (Luna y Vázquez,

1996). En el país existen cultivares híbridos y materiales de polinización abierta, pero estos han sido desarrollados y registrados por empresas semilleras, aunque también el INIFAP ha liberado híbridos y variedades de polinización abierta, pero en menor cantidad (Luna, 2010).

Las compañías semilleras transnacionales se han enfocado en producir semillas de chile tipo dulce y chiles para mercado en fresco, porque son los que más demanda el mercado a nivel mundial y para ello han desarrollado preferiblemente cultivares híbridos; sin embargo, no se ha prestado atención al desarrollo de variedades mejoradas de los tipos de chile que se consumen a nivel regional y local en México (Luna, 2010). Los tipos de chiles con importancia a escala nacional han sido estudiados por parte de investigadores de universidades y centros experimentales estatales, trabajando principalmente en estudios de comportamiento agronómico, identificación de poblaciones sobresalientes y caracterización morfológica, química y molecular; sin embargo, el avance respecto al logrado por las empresas privadas ha sido muy poco. De acuerdo con el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales durante el primer trimestre del 2016 se tenían registradas 37 variedades de chile, de las cuales 35 pertenecen a instituciones del sector público (SNICS, 2016); sin embargo, esa cantidad para todo el país es muy baja; respecto a chile “Poblano” o “Mulato” se reportan únicamente dos. Aunque también se dispone de semillas mejoradas de empresas transnacionales éstas no son de uso general entre los agricultores porque tienen altos precios, hasta de \$ 1.00 por semilla en 2016. En el país el 80 % de la superficie destinada para el cultivo del chile está sembrada con semilla de poblaciones criollas; sin embargo, éstas presentan algunas características no deseables como poca uniformidad en los frutos, lo que les impiden competir en mercados más exigentes (González-Estrada et al., 2004). Lo anterior justifica la búsqueda de mejorar a las variedades criollas. Una alternativa es lo realizado en esta investigación, utilizando el enfoque de mejoramiento en el nicho ecológico de la Sierra Nevada de Puebla, utilizando como base a una población criolla seleccionada, a la que se le aplicó el método de mejoramiento genético denominado “Método de descendencia de un solo fruto (MDSF)”.

El mejoramiento mediante el MDSF es aplicable tanto a especies autógamas como alógamas y, de acuerdo con Fehr (1991), es una modificación del método originalmente propuesto por Goulden en 1941, que derivó en el método denominado descendencia de una sola semilla. De acuerdo con Fehr (1991) el MDSF tiene la ventaja de que permite incrementar rápidamente el nivel de endogamia de individuos obtenidos a partir de una población segregante o, como en el caso de las poblaciones locales o nativas de Chile, a partir de una población con alta variabilidad. Otra de las ventajas, es que permite su aplicación en ambientes diferentes al ambiente para el cual se pretende obtener las variedades comerciales; es decir, permite incrementar la homocigosis en condiciones de invernadero o en ambientes cálidos durante el invierno, lo cual favorece un incremento rápido en el nivel de endogamia y por lo tanto un mayor avance en el tiempo, en el esquema de mejoramiento. Con la aplicación de este método se obtienen líneas derivadas contrastantes entre ellas, pero con una mayor uniformidad dentro de las mismas. En el siguiente cuadro se establecen los pasos a seguir en la aplicación de este método, para generar líneas endogámicas S₃, que podrán ser utilizadas como variedades mejoradas, para formar híbridos o variedades sintéticas, de acuerdo a los objetivos del programa de mejoramiento genético.

Ciclo	Procedimiento	Productos
1	Sembrar 375 semillas de la P ₀ . Autofecundar 3 flores por planta.	1 fruto autofecundado de cada una de las 300 plantas (S ₁) seleccionadas. Tomar y mezclar 3 semillas de cada fruto (1200 semillas en total).
2	Sembrar 375 semillas S ₁ . Autofecundar 3 flores por planta.	1 fruto autofecundado de cada una de las 300 plantas (S ₂) seleccionadas. Tomar y mezclar 3 semillas de cada fruto (900 semillas en total).
3	Sembrar 375 semillas S ₂ . Cubrir toda la planta.	Frutos autofecundados de cada una de las 300 plantas (S ₁) seleccionadas.
4	Evaluación extensiva, surco por línea S ₃ derivada, en diferentes ambientes.	Identificación de líneas sobresalientes.

Cuadro 2. Fehr W. R., (1991). *principles of cultivar development*. vol. 1. theory and technique. Macmillan, New York, USA. 536 p.

4.13 Tipos de mejoramiento genético

4.13.1 Selección genealógica (método por pedigree)

Este método se basa en el aislamiento del mejor genotipo, debido a que se seleccionan las plantas o plantas únicas que presenten las mejores características, logrando así presentarlas como nuevos cultivos o líneas para la generación de híbridos (Vallejo & Estrada, 2016).

4.13.2 Hibridación

Este modelo se sustenta en el cruzamiento de individuos con diferentes genotipos para lograr obtener las características de los genes deseables de ambos parentales en la nueva generación. Este método se usa como principal estrategia para mejorar las especies ya existentes en especies superiores a sus antecesoras. Para obtener buenos resultados, se seleccionan los progenitores en ciclos avanzados de selección recurrente, teniendo en cuenta las características que se desea mezclar o aprovechar de cada progenitor (Angulo & Ortiz, 2020).

4.13.3 Selección masal

Este método implica a un gran número de individuos con características fenotípicas similares, características que se aportarán y conservarán para la siguiente generación, este método es muy usado para poblaciones heterogéneas formadas por líneas puras, busca en la medida de lo posible, la conservación de los caracteres sobresalientes de la población ciclo tras ciclo (Angulo & Ortiz, 2020).

4.13.4 Retrocruzamiento

El retrocruzamiento, tiene como finalidad conseguir variedades resistentes a cualquier patógeno o enfermedad, así como la modificación de características cualitativas, este método tradicional nos permite lograr la modificación de cualquier carácter, sólo si presenta una alta tasa de heredabilidad y en particular de genes dominantes (Arteaga, 2011).

4.13.5 Selección asistida por marcadores moleculares

La selección asistida por marcadores moleculares (SAM), representa una eficaz herramienta biotecnológica que nos da la facultad de seleccionar plantas con ciertas propiedades o características de interés en cualquier estadio de sus etapas fenológicas. Esta técnica se basa en la identificación de secuencias de ADN muy relacionadas entre sí con características asociadas a la productividad (Arruabarrena et al., 2015).

4.13.6 Inducción de mutaciones

En las plantas autóгамas, la heterocigosis es un recurso extremadamente importante al comienzo de la mejora, ya que generalmente se asocia con la presencia de variabilidad genética. Mutación e hibridación inducidas puede aumentar la proporción de loci heterocigotos de forma distinta. En especies diploides, después de algunas generaciones de autofecundación, la heterosis reducirse a la mitad debido a la endogamia. Se pueden utilizar varios mecanismos para crear y expandir los loci en heterocigosis, como mutaciones inducidas e hibridaciones artificiales (Rita et al.2017).

4.13.7 Cultivo de tejidos

Cultivo de tejidos in vitro ha demostrado que es un método muy favorable ya que las técnicas que se aplican son más fáciles y se necesita menos presupuesto en la producción, sobre todo ayuda a disminuir el tiempo que se necesitaría para obtener nuevas plantas comparado con el requerido en campo. Otras de las ventajas son que disminuye considerablemente la probabilidad de contraer patógenos en las plantas en comparación con otros métodos, y sus tasas de multiplicación son altas. Algo que no favorece al aplicar el método de tejidos cultivados in vitro es que el material genético se puede perder producto de las contaminaciones y también es necesario que el personal calificado esté vigilando todo el tiempo (Bonilla, 2015).

4.13.8 Ingeniería genética y mejoramiento de genes

El fitomejoramiento convencional es muy útil cuando se trata de mejora de cultivos, pero principalmente implica cultivar y probar muchos cultivos durante varias generaciones, una tarea larga y tediosa. La ingeniería genética, que significa un cambio directo en la composición genética, tiene varias ventajas sobre la producción convencional (Dong & Ronald, 2019).

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 Localización del sitio experimental

La presente investigación, se llevó a cabo en un terreno de 48 m², que está ubicado dentro de las instalaciones del departamento de horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, el cual está situado en las siguientes coordenadas: latitud 25° 21' 10", longitud 101° 1' 52" y una altitud de 1783 msnm, con una temperatura promedio anual de 16.4 °C, con precipitaciones de 370 mm anuales, con un clima cálido-templado semidesértico.

5.2 Material genético

El material genético utilizado pertenece al Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se tomó en cuenta para la selección y prueba, las características deseadas como color, forma, tamaño, apariencia y peso de los resultados que se tuvieron en un ciclo anterior. Los materiales se identificaron como: Híbrido 0301, Híbrido 0302, Híbrido 0303, Híbrido 0304, Híbrido 0401, Híbrido 0402, Híbrido 0403 e Híbrido 0404.

5.3 Diseño de la parcela experimental

El experimento se realizó a campo abierto por el cual se usó de cintilla plástica para riego y acolchado negro sobre los surcos de cultivo, el diseño experimental que se llevó a cabo fue completamente al azar, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. La distancia entre plantas fue de 30 cm y entre surcos de 1.8 m a doble

fila de plantas, generando así una densidad de población de 36000 plantas por hectárea aproximadamente.

5.4 Labores culturales

5.4.1 Siembra

La siembra de los chiles poblanos se realizó el día cinco de marzo del año 2022, se sembró en una charola de polietileno con 200 cavidades y su respectivo sustrato para germinación de Peat Moss a un 70% y perlita a un 30% respectivamente, se sembraron 100 semillas de cada híbrido, estas fueron colocadas dentro del mismo invernadero para su germinación, desarrollo de la plántula y finalmente trasplante (Figura 2).



FIGURA 2. Daniel Morales, 2022. siembra de semilla de chile poblano en charolas de 200 cavidades con sustrato peat moss al 70% y perlita al 30%.

5.4.2 Trasplante

El trasplante se realizó el día 06 de mayo del 2022, cada plántula se trasplantó de forma manual, se colocaron directo al suelo perforando el acolchado y a la vez situándolo en el espacio donde el riego tiene la perforación por donde drena el agua de riego, de manera que establecimos la plántula cuidando no cubrir as de un centímetro por arriba del cepellón. Al momento del trasplante aplicamos dos productos los cuales fueron; Captan como fungicida e Imidacloprid como insecticida. Así mismo se realizaron los cuidados de la planta, para posteriormente llevar un mejor manejo, procurando siempre estar libre de cualquier enfermedad o plagas (Figura 3).



FIGURA 3. Daniel Morales, 2022. trasplante de plántula de chile poblano a 30 cm entre planta y a 1.8 m entre surcos.

5.4.3 Fertilización

La fertilización que se utilizó fue con el producto por nombre comercial FertiDrip que contiene una mezcla de nutrientes de; 20-30-10 más microelementos, suministrado a través de fertirriego, de manera que el dispensador de agua para el cultivo fue un tanque de 2,500 L de agua, el cual la dosis asignada fue de 1g/L, de manera que se llenaba el tanque de agua y se aplicaba 2.5 kg de FertiDrip (Figura 4).



FIGURA 4. Daniel Morales, 2022. producto fertidrip para la nutrición de los chiles poblanos.

Además, durante el ciclo del cultivo se aplicó el producto ALGASUR, esto dos veces por semana vía foliar, ya que, es un compuesto de algas marinas y aminoácidos, el cual el método de aplicación fue diluir 1ml del producto mencionado por un litro de agua, la aplicación fue de manera foliar con ayuda de un atomizador de un litro (Figura 5 y 6).



FIGURA 5. Daniel Morales, 2022. aplicación con atomizador del Producto algasur.



FIGURA 6. Daniel Morales, 2022. producto algasur.

5.4.4 Riego

El sistema de riego se aplicó mediante cintilla plástica de la marca TORO AQUA-TRAXX®, con ayuda de un tanque de 2,500 L de agua, por lo tanto, la corriente de agua era accionado por una bomba y un retorno que regulo la presión de la salida de agua, la primera semana se realizaron riegos con agua sin fertilizante. Sin embargo, pasando la semana empezamos aplicar el fertilizante ya mencionado (FERTIDRIP), el cual la duración del riego aplicado en promedio fue de 1 a 2 horas diarias por 6 días a la semana, normalmente por las mañanas.

5.4.5 Tutorado

De acuerdo con el crecimiento de las plantas de chile poblano, se tutoraron mediante el método de espaldera o tutorado tipo español fajado, este sistema consiste en colocar postes de unos 2 m de altura a distancias de 2 a 3 m a lo largo del surco, y en los postes de las orillas se instalaron rafias de color negro, tipo agrícola de una densidad de 1g.m^{-1} , para soportar el peso de las plantas y mantenerlas erectas y no les gane el peso al momento del desarrollo vegetativo y reproductivo.

5.4.6 Control de plagas y enfermedades

Se efectuó un control correspondiente a la incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo, tomando como referencia los resultados de monitoreos semanales, en este caso, se realizaron aplicaciones de Confidor® 350 SC con ingrediente activo Imidacloprid 30.2% a 1ml L^{-1} y para control de enfermedades radicales se aplicó Busan30® i.a TCMTB 30%, a una dosis de 0.2 ml L^{-1} , para la alta incidencia de plaga (Minador, trips y mosquita blanca) se aplicó Muralla Max® 300 OD cuyo ingrediente activo es imidacloprid 19.6% + betacyflutrin 8.4%, a una dosis de 0.5 a 1 ml L^{-1} alternado de Sivanto® i.a flupyradifurone 17.09%, a una dosis de 1 ml L^{-1} y Sunfire® a dosis de 0.5 ml L^{-1} y por último a mayor problema de minador aplicamos, Confidor® 350 SC con ingrediente activo Imidacloprid 30.2% a 1ml L^{-1} .

5.4.7 Cosecha

Una vez cumpliendo con su desarrollo reproductivo se procedió a la cosecha (90 DDT aproximadamente), los frutos de chile poblano se cortaron cuando mostraron un buen llenado de fruto y un fácil corte manual en la planta, se recolectaron todos los frutos de cada línea evaluada, marcados y separados en bolsas y cajas para identificar plenamente cada híbrido (Figura 7 y 8).



FIGURA 7. Daniel Morales, 2022. frutos cosechados y marcados según su tratamiento.



FIGURA 8. Daniel Morales, 2022. frutos cosechados de acuerdo con la madurez, tamaño, y forma.

Así mismo, se realizaron dos cosechas, cabe mencionar que se dejó una concentración de maduración para esta labor, durante el ciclo del cultivo la cual fue 90 días después del trasplante el día 04 de agosto del 2022 y posteriormente el 06 de octubre la segunda cosecha a los 153 días después del trasplante (Cuadro 3).

Cosecha	Días después del Trasplante	Fecha de cosecha
1	90	agosto de 2022
2	153	06 de octubre del 2022

Cuadro 3. Daniel Morales, 2023. cosechas realizadas en los ocho híbridos evaluados después del trasplante.

5.4.8 Variables agronómicas evaluadas

Rendimiento en gramos por planta

Para determinar esta variable, se pesaron en una báscula marca Torrey® modelo LPCR40, los frutos de cada planta en cada repetición y de cada híbrido, la suma del rendimiento de cada planta en cada una de las cosechas dio como resultado el rendimiento total promedio por planta.

Numero de frutos por planta

Se contabilizaron y sumaron los frutos cosechados por planta, en cada una de las cosechas.

Peso promedio del fruto

Para determinar esta variable, se pesaron en una báscula marca Torrey® modelo LPCR40, los frutos se contabilizaron y así esta variable resulto de dividir el peso total de los frutos en gramos por planta, dividido entre el número de frutos por planta.

Longitud del fruto

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

Ancho de la base del fruto

Para esta variable se midió cada fruto cosechado de la base del mismo a un centímetro del cáliz, con ayuda de un vernier digital marca Steren®.

Diámetro ecuatorial del fruto (ancho en centro)

Esta variable se cuantifico con un vernier digital marca Steren®, tomando la medida de cada fruto cosechado en el diámetro ecuatorial o ancho al centro del mismo, y de acuerdo con sus respectivas líneas.

Grosor del mesocarpio

Para la obtención de esta variable se cortaron los frutos por su parte ecuatorial y con la ayuda de un vernier digital marca Steren®, se tomó la medida del grosor.

Rendimiento calculado en toneladas por hectárea (t ha⁻¹)

Para esta variable se multiplico el rendimiento de cada planta por el número total de plantas calculadas en una hectárea de acuerdo con la distribución del experimento.

Diseño experimental y estadístico

Los híbridos se evaluaron bajo un modelo experimental completamente al azar, con 8 tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, con la finalidad de detectar diferencias significativas entre híbridos. Los datos se analizaron con el software INFOSTAT® con análisis de varianza al $p \leq 0.05$ y se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del $p \leq 0.05$ para la comparación de medias, esto se llevó a cabo bajo el modelo estadístico lineal siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} = variable observada del i -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 DISUSIÓN

6.1 Rendimiento (gramos por planta)

De acuerdo con los datos obtenidos a partir del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$) y la prueba de (Tukey $p \leq 0.05$), con relación a la variable de rendimiento en gramos por planta, se presentó una significancia estadística en relación a las medias de cada híbrido, como se puede ver en la (Figura 9), tal es el caso de los híbridos 0302 con 841.1 g y 0402 con 798.2 g, que expresan un resultado muy significativo a comparación de los híbridos 0301, 0303 y 0401, que son los que resultaron ser los de más bajo desempeño, en tanto que los híbridos 0304, 0403 y 0404 mostraron valores intermedios pero dentro del mismo grupo estadístico.

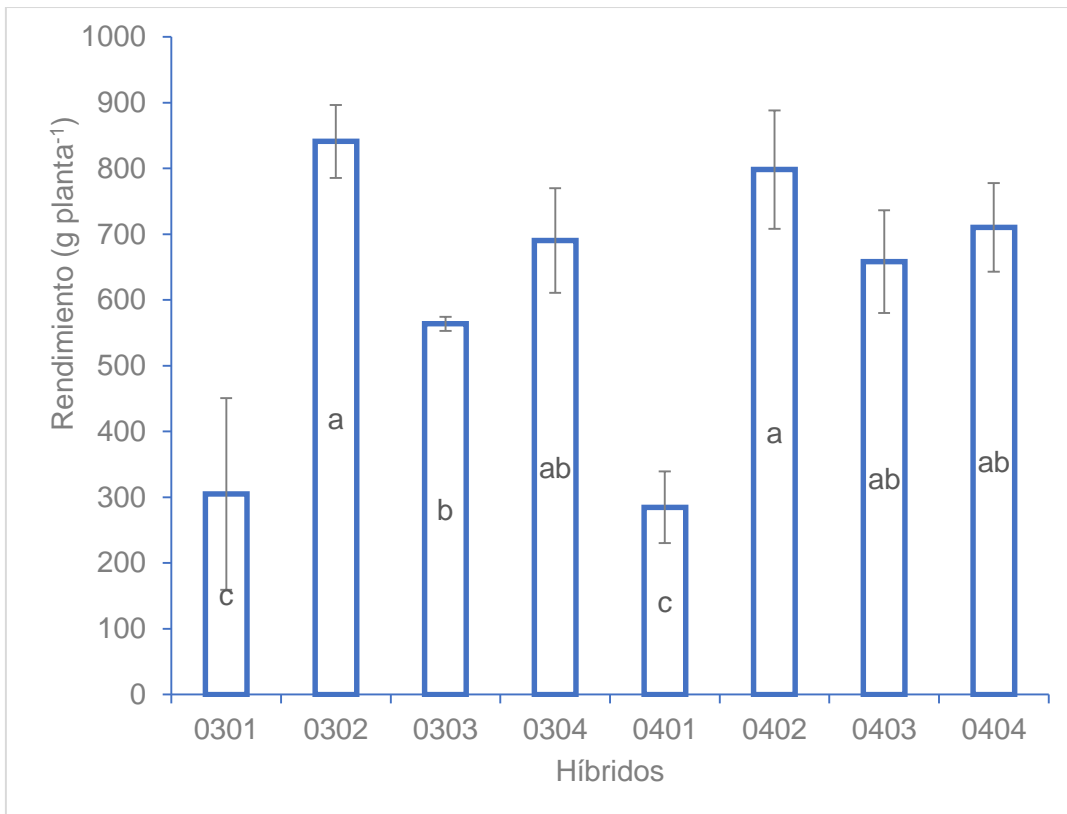


FIGURA 9. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable de rendimiento en gramos por planta, de ocho híbridos experimentales de chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar.

6.2 Número de frutos por planta

De acuerdo con los datos obtenidos a partir del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$) y la prueba de (Tukey $p \leq 0.05$), con relación a la variable número de frutos por planta, en este, se presentó una significancia estadística en relación de las medias de los ocho híbridos experimentales, representados en la (Figura 10), en el cual se presentaron resultados que no fueron muy variados, no obstante el híbrido de mejor respuesta fue el 0402, mientras que los híbridos 0302,0303,0304, 0403 y 0404 que se mantuvieron en un rango de 6 a 9 frutos cosechados por planta, y finalmente los híbridos con menor cantidad de frutos fueron; 0301 y 0401 inferiores en más de 100% al híbrido 0402.

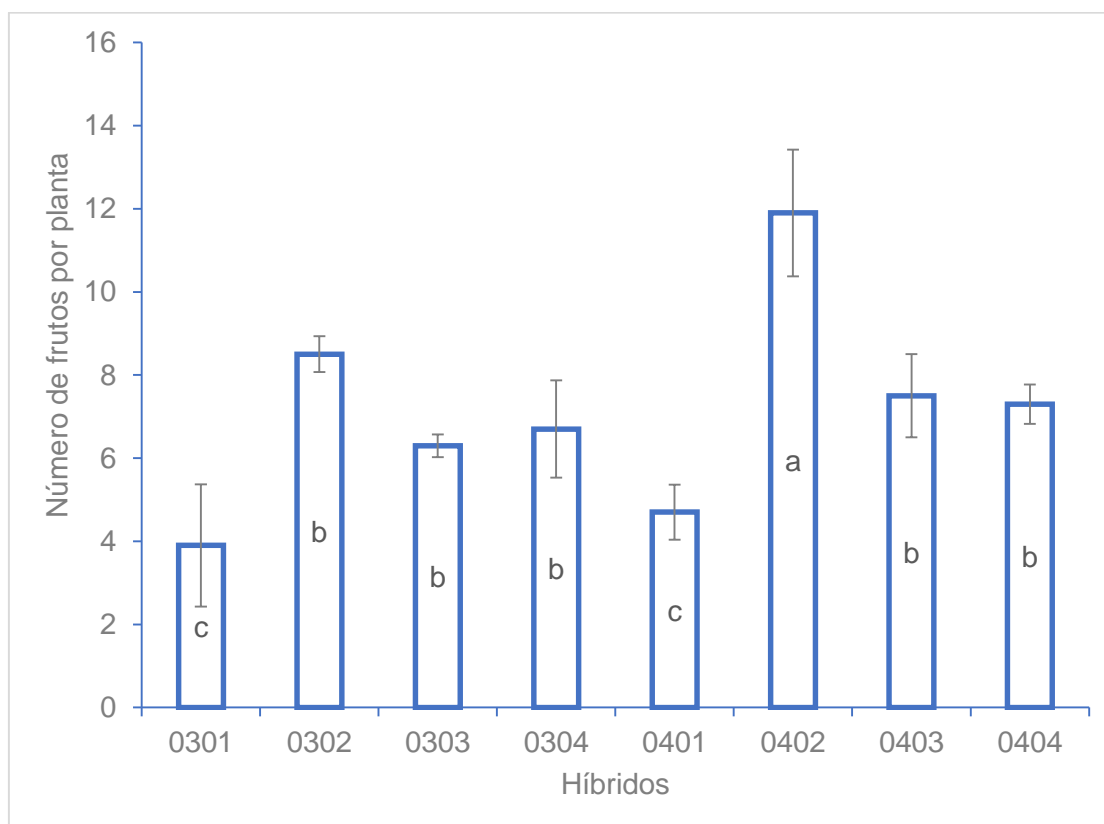


FIGURA 10. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable de número de frutos por planta de ocho híbridos experimentales de chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar.

6.3 Peso promedio del fruto

De acuerdo con los datos obtenidos a partir del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$) y la prueba de (Tukey $p \leq 0.05$), con relación a la variable peso promedio del fruto, se presentó una significancia estadística en relación de las medias de los ocho híbridos experimentales, como se puede ver en la (Figura 11), mostrando diferencias muy poco significativas en cuestión de peso, donde se puede apreciar que los híbridos que mostraron mejor desempeño fueron 0304, 0302, 0404, 0303 y 0403, el resto de los híbridos mostró un resultado inferior.

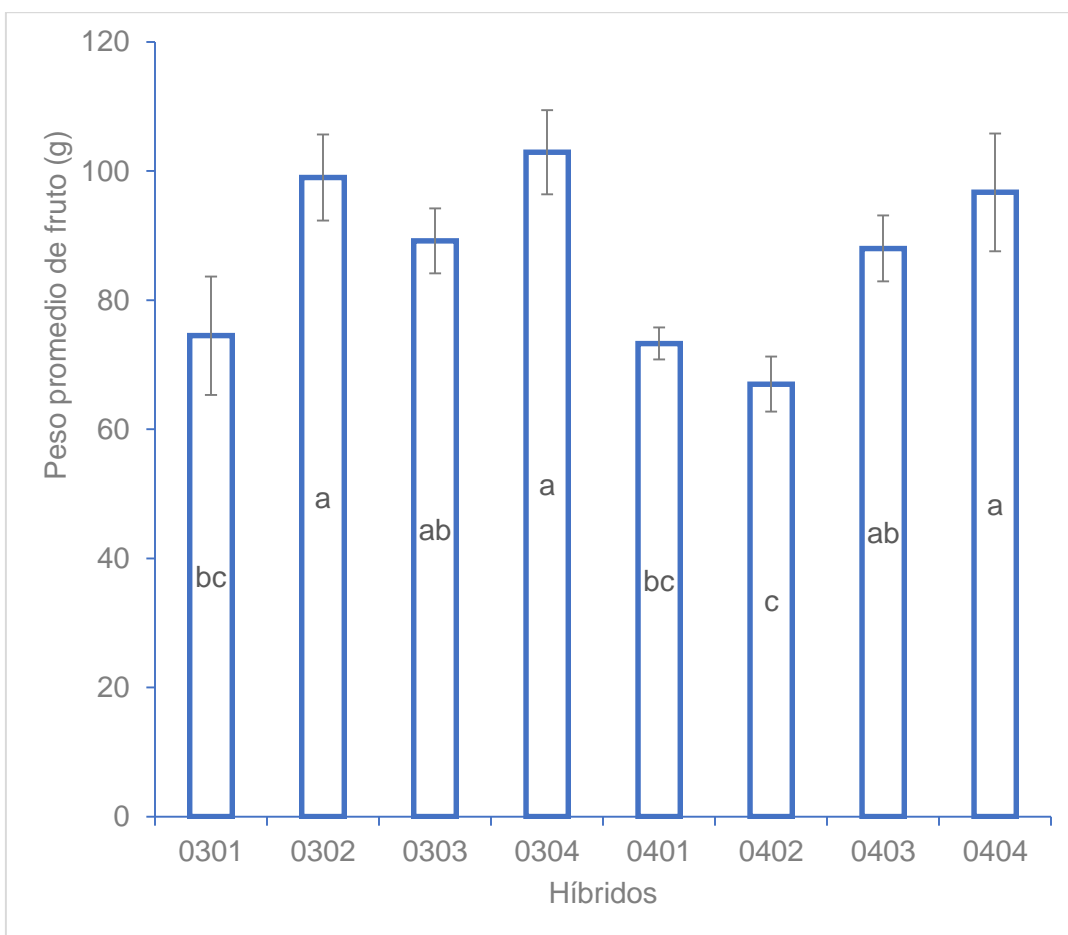


FIGURA 11. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable de peso promedio del fruto de ocho híbridos experimentales de chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar.

6.4 Longitud del fruto

De acuerdo con los datos obtenidos a partir del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$) y la prueba de (Tukey $p \leq 0.05$), con relación a la variable longitud de fruto, se observaron diferencias significativas, como se puede observar en la (Figura 12), y a excepción de los híbridos 0301 y 0401, todos los híbridos mostraron un comportamiento estadístico similar. Cabe recalcar que esta variable es de suma importancia, ya que un fruto de buen tamaño sería de atractivo para el productor/consumidor.

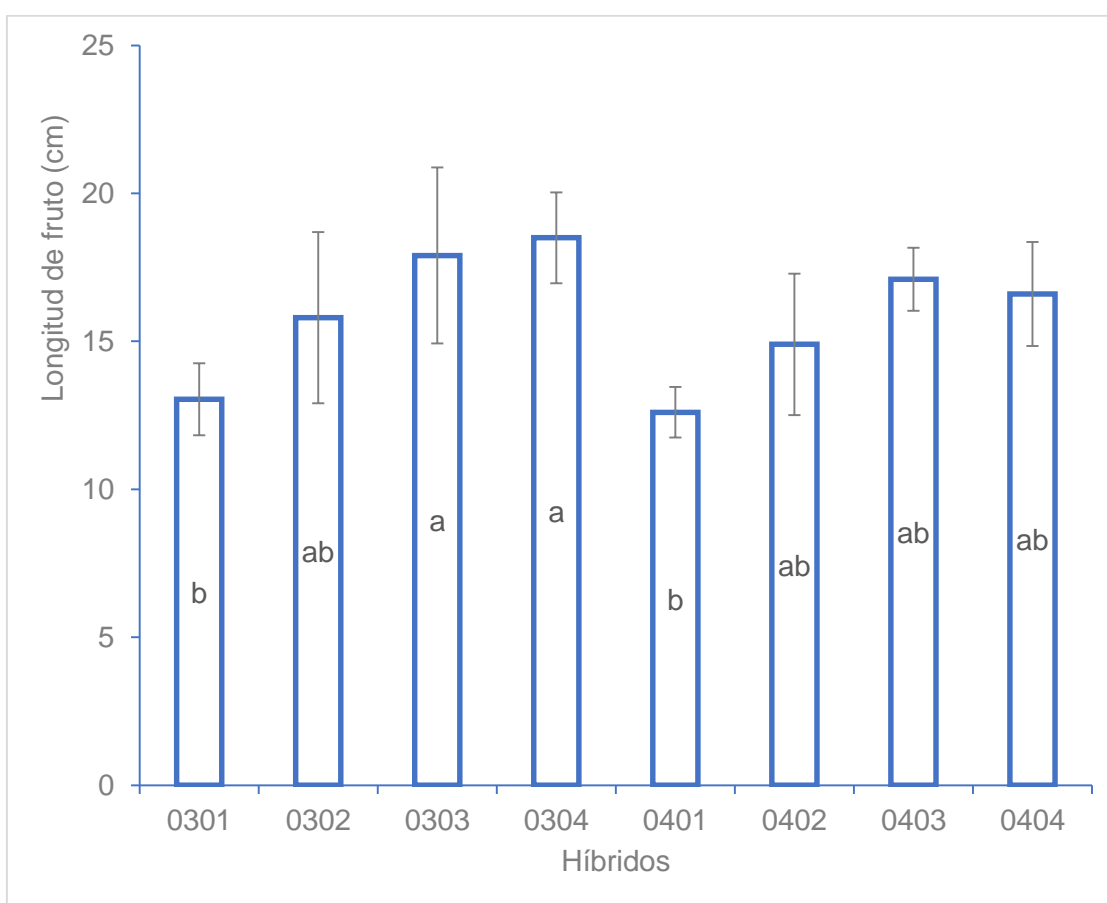


FIGURA 12. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable de longitud del fruto de ocho híbridos experimentales de chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar.

6.5 Ancho de la base del fruto

De acuerdo con los datos obtenidos a partir del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$) y la prueba de (Tukey $p \leq 0.05$), con relación a la variable ancho de fruto, se presentaron diferencias significativas, como se pueden observar en la (Figura 13), donde se detectaron significancias estadísticas dentro de los híbridos en donde a excepción de los híbridos 0402 y 0404, todos los demás híbridos tuvieron una respuesta estadística similar, ya que, todos salieron muy uniformes en esta variable, Esta variable es de suma importancia ya que por teoría un fruto deforme es de mayor atractivo para el consumidor final.

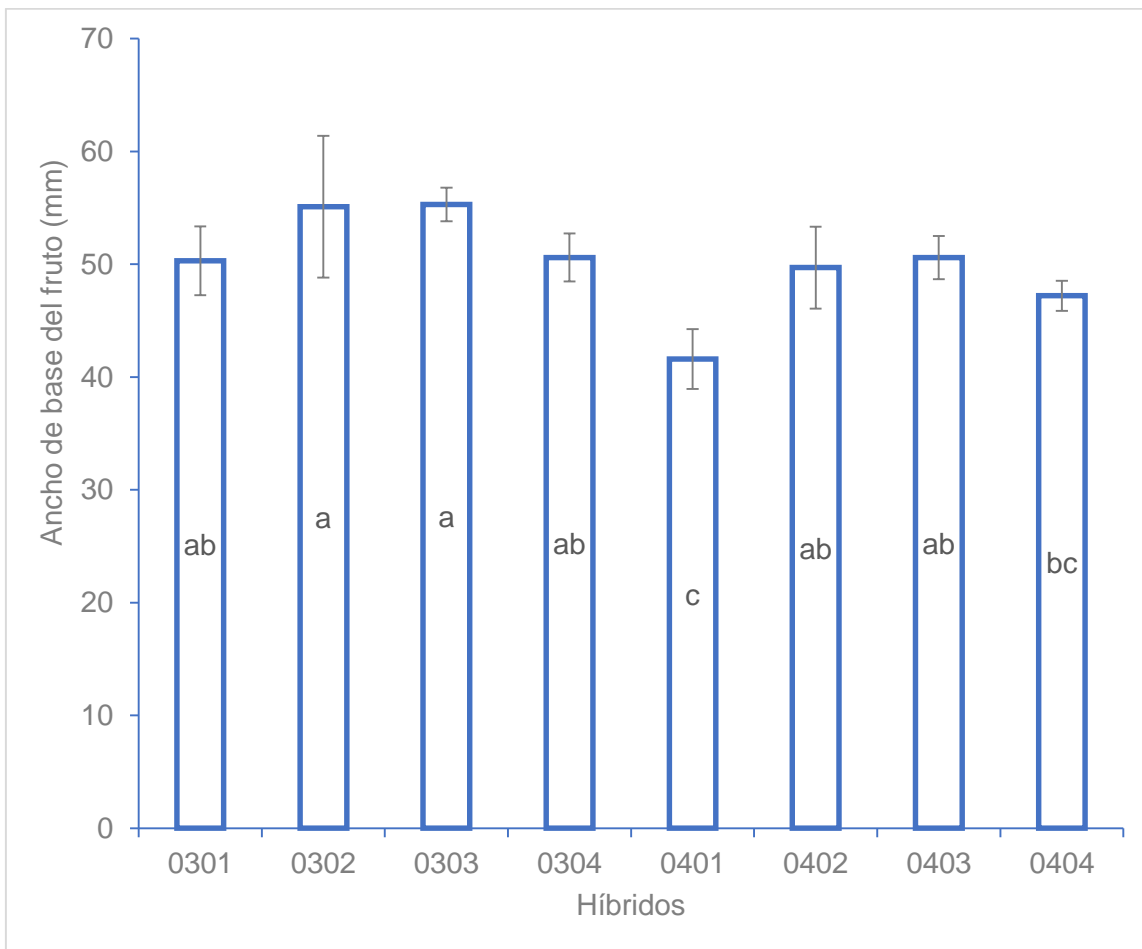


FIGURA 13. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable ancho de la base del fruto de ocho híbridos experimentales de chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar.

6.6 Diámetro ecuatorial del fruto

De acuerdo con los datos obtenidos a partir del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$) y la prueba de (Tukey $p \leq 0.05$), con relación a la variable diámetro ecuatorial del fruto, se presentaron diferencias significativas, como se pueden observar en la (Figura 14), donde los que destacan son los híbridos; 0302 con 44 mm y 0303 con 45.15 mm, seguido el híbrido 0301 con 39.4 mm, y teniendo así un resultado muy uniforme con los híbridos; 0402, 0403 y 0404. En tanto que los híbridos con el peor resultado fueron el híbrido 0304 y 0401.

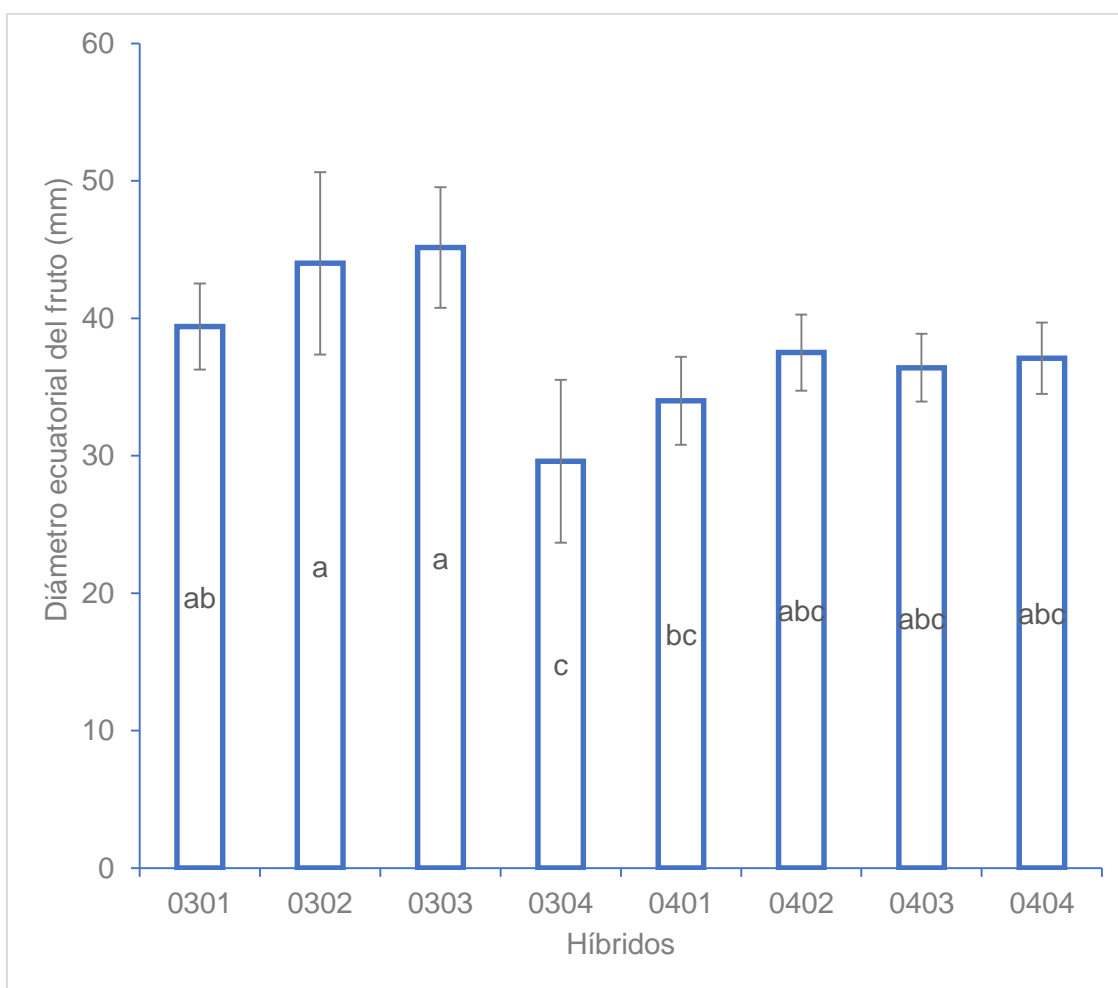


FIGURA 14. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable diámetro ecuatorial del fruto de ocho híbridos experimentales de chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar.

6.7 Grosor del mesocarpio

De acuerdo con los datos obtenidos a partir del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$) y la prueba de (Tukey $p \leq 0.05$), con relación a la variable grosor del mesocarpio, se presentaron diferencias altamente significativas, como se pueden observar en la (Figura 15), donde se aprecia que el mejor híbrido es el 0404 con 4.03 mm y le sigue como segundo lugar el híbrido 0403 con 3.38 mm, por otro lado, le siguieron los híbridos 0304, 0303, 0402 y 0302, teniendo así un valor que va de 3.12 a 2.7 mm de grosor de mesocarpio, y por último los híbridos 0301 y 0401, clasificándose en el último grupo con el menor resultado de todos, sin embargo, un chile poblano con mayor grosor de mesocarpio generalmente acumula más peso manteniendo sus propiedades físicas y químicas.

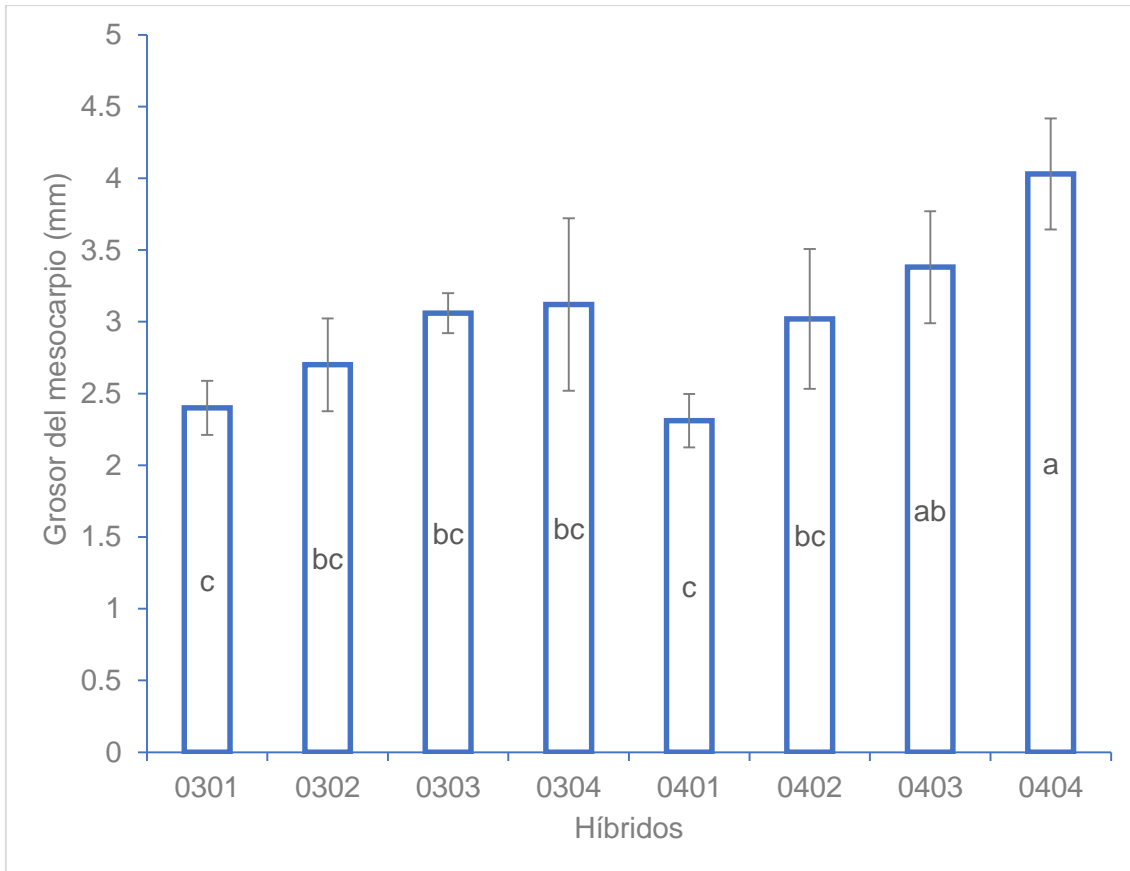


FIGURA 15. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable grosor del mesocarpio de ocho híbridos experimentales de chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México, las líneas verticales indican la desviación estándar.

6.8 Rendimiento calculado en toneladas por hectárea (t ha⁻¹)

De acuerdo con los datos obtenidos a partir del análisis de varianza (ANVA $p \leq 0.05$) y la prueba de (Tukey $p \leq 0.05$), con relación a la variable de rendimiento calculado en toneladas por hectárea (t ha⁻¹), se presentaron diferencias altamente significativas, como se pueden observar en la (Figura 16), donde resultaron superiores los híbridos experimentales 0302 con 30 t ha⁻¹ de y el híbrido 0402 con 28.7 t ha⁻¹, aunque, en el mismo grupo estadístico también se encuentran 0304, 0403 y 0404, en tanto que los de menor rendimiento fueron 0301 y 0401.

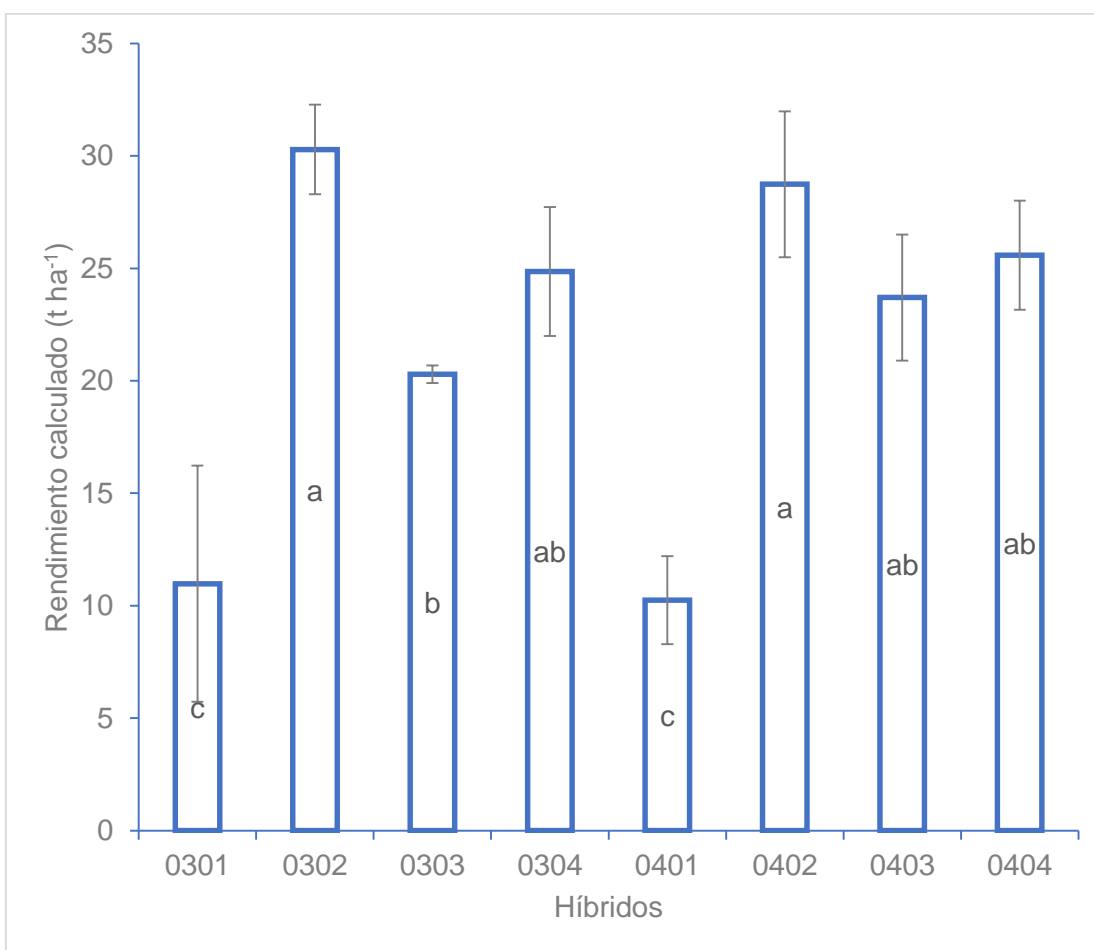


FIGURA 16. ANVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable rendimiento calculado en toneladas por hectárea (t ha⁻¹) de ocho híbridos experimentales de chile poblano, bajo condiciones de producción a campo abierto, en la región sureste de Coahuila, México. las líneas verticales indican la desviación estándar.

7. CONCLUSIÓN

Los híbridos experimentales de Chile poblano que mostraron un buen desempeño agronómico fueron 0302, 0304, 0402, 0403 y 0404 por lo tanto, se infiere que su potencial genético pudiera ser aprovechado para la generación de híbridos comerciales en el mediano y largo plazo. Por lo anterior, el desempeño agronómico y morfológico de los híbridos experimentales fue variable, pero, da la pauta para continuar con las evaluaciones de los híbridos sobresalientes en otros ambientes y lugares de cultivo a fin de confirmar su estabilidad genética.

Los híbridos experimentales que obtuvieron un buen rendimiento fueron el 0302 con 30 t ha^{-1} y el híbrido 0402 con 28.7 t ha^{-1} , competitivos comparados con la media nacional.

Los híbridos con mayor tamaño de fruto fueron los híbridos 0304 y el 0303, Esta característica es importante, ya que es una de las que determina el tipo de mercado para su comercialización.

8. REFERENCIAS

- Angulo, I. & Ortiz, M (2020). Mejoramiento Genético en Plantas Alógamas y Autógamas. [Monografía de licenciatura, Universidad Nacional de Colombia].
- Arruabarrena, A., Gonzales, M., Rubio, L. y Giménez, G. (2015). Selección asistida por marcadores en el mejoramiento genético de tomate. *Biotecnología para el sector productivo. Revista INIA Uruguay*, 40(1), 43 - 46.
- Arteaga, A. (2011). Simulación de dos estrategias de mejoramiento genético de plantas aplicando la plataforma *qu - gene*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Bonilla, M. (2015). Conservación *in vitro*: una perspectiva para el manejo de los recursos fitogenéticos. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 6(1), 67 -82.
- Bosland, P. W. y Votava, E. J., 2000. *Peppers: vegetable and spice capsicums*. CABI Publishing, Wallingford, UK., 1-16.
- Cárdenas R. F. A. (2000) Investigación agrícola sobre frijol en México durante el periodo 1943 a 1980. *Agricultura Técnica en México* 26:63–78.
- Cervantes S. T. y H. Mejía A. (1984) Maíces nativos del área del Plan Puebla: recolección de plasma germinal y evaluación del grupo tardía. *Revista Chapingo* 9:64–71.
- Cichewicz, R., 1996. The antimicrobial properties of chile peppers (*Capsicum* species) and their uses in Mayan medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 52: 61-70.
- Dong, O. y Ronald, P. (2019). Genetic Engineering for Disease Resistance in Plants: Recent Progress and Future Perspectives. *Plant physiology*, 180(1), 26-38.
- FAOSTAT (División de Estadística Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2021. Valor de la producción agrícola. Obtenido de: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QV>. Fecha de consulta: (13 de noviembre de 2023).
- Fehr W. R. (1991) *Principles of Cultivar Development*. Vol. 1. Theory and Technique. Macmillan, New York, USA. 536 p.

Flores, R. (2017). *Chile poblano, el pimiento de mayor tradición mexicana*.
Obtenido de Chile poblano, el pimiento de mayor tradición mexicana:
<https://www.thegourmetjournal.com/a-fondo/chile-poblano>.

FND, Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero. (2020). El chile, riqueza de la gastronomía mexicana. Consulta en línea en: <https://www.gob.mx/fnd/articulos/el-chile-riqueza-de-la-gastronomiamexicana?idiom=es>.

González-Estrada A., B. Larqué S., M. Luján F., R. Rodríguez M., R. Martínez P. y S. Wood (2004) Impacto económico del mejoramiento genético de chile jalapeño en México. Publicación Técnica No. 12. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D. F., México. 66 p.

Hernández-Verdugo, S., Aranda-Dávila, P. y Oyama, K. (1999). Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 6(4), 65-84.

Huerta de la Peña Arturo, et. al (2007). Chile poblano importancia económica y sociocultural, Colegio de Postgraduados Campus Puebla.

Kehie, M., Ramchiary, N., Kumaria, S., y Tandon, P. (2014). Aplicación de la genética y la genómica a la investigación traslacional de *Capsicum*. *Plant Biotechnol*, (8), 101-123. doi: <https://doi.org/10.1007/s11816-013-0306-z>.

Kraft, H. K., Brown, H. C., Nabhan, P. G., Leudeling, E., Luna R. J. de J., d'Eeckenbrugge, C. G., Hijmans, J. R., and Gepts, P. (2014). Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annum*, in Mexico. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111(17), 6165-6170. doi: 10.1073/pnas.1308933111.

López-López, P., Rodríguez-Hernández, R. y Bravo-Mosqueda, E. (2016). Impacto económico del chile Huacle (*Capsicum annum* L.) en el estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agronegocios*, (38) 317-328.

- López-Sánchez, H. (2011). Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de Chile "poblano". *Revista Chapingo. Serie horticultura*.
- Luna R. J. de J. (2010) Variedades de Chile y producción de semilla. Primer Foro para Productores de Chile. Segundo Foro de Productores de Chile. Consejo Estatal de Productores de Chile Zacatecas. Comité Sistema Producto Chile Zacatecas. Zacatecas, México. 186 p.
- Luna R. J. de J. y O. Vásquez M. (1996) Perspectivas del mejoramiento genético y la propagación in vitro en el cultivo de Chile (*Capsicum spp*). *Investigación y Ciencia Universidad Autónoma de Aguascalientes* 5:2-6.
- Menchaca, J. D. (s.f.). *Siembra de semilla de Chile poblano en charolas de 200 cavidades con sustrato Peat Moss al 70% y Perlita al 30%*. UAAAN, Saltillo, Coahuila.
- Pérez I. (2009). Manejo integrado de plagas. Recuperado de: <https://repositorio.una.edu.ni/2456/1/nh10j61p.pdf>.
- Rita, C., Trevisani, N., Viera, T., Guidolín, A. y Meirelles, J. (2017). Nivel de heterocigosidad y su relación con la variabilidad genética mecanismos en frijoles. *Revista de Ciencia Agronómica*, 48(3), 1-2.
- Rural, S. d. (17 de septiembre de 2022). *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/chile-poblano-delicia-del-campo-mexicano>.
- SADER Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). El Chile es parte de nuestra riqueza mexicana. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-chile-es-parte-de-nuestra-riqueza-mexicana>.

SAGARPA, (2012). Plan Rector del Sistema Producto Chile Seco 24 de febrero de 2012.

SIAP. (2022). *SIAP*. Obtenido de SIAP: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2016) Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, Primer Trimestre. Núm. 9. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. SAGARPA. Tlalneantla, Edo. de México, México. 31 p.

Toledo, A. R. (2011). Diversidad Genética en México de variedades nativas de Chile 'poblano' mediante microsatélites. *Revista fitotecnica mexicana*.

Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez H., López, P. A., Guerrero-Rodríguez JD., Santacruz-Varela, A., y Huerta-de la Peña, A. (2011). Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de Chile "Poblano". *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(3), 139-150. doi: 10.5154/r.rchsh.2011.17.025.

Vallejo, F. y Estrada, E. (2016). *Mejoramiento Genético de Plantas: Segunda Edición*. Universidad Nacional de Colombia.