

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Desempeño Agronómico de Híbridos Experimentales de Chile Poblano (*Capsicum annuum* L.) a Campo Abierto en Saltillo, Coahuila

Por:

**JOSÉ FRANCISCO LEDESMA VÁZQUEZ**

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 de Híbridos Experimentales de Chile Poblano (*Capsicum  
annuum* L.) a Campo Abierto en Saltillo, Coahuila

Por:


**JOSÉ FRANCISCO LEDESMA VÁZQUEZ**

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. María del Pilar Marin Cortez

Asesor Principal Externo

  
Dr. Arturo Mancera Rico

Coasesor

  
Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza

Coasesor

  
Dr. Alberto Sandoval Bángel

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



---

**José Francisco Ledesma Vázquez**

## **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

---

**José Francisco Ledesma Vázquez**

## AGRADECIMIENTO

A mis **Padres** por darme la vida, por siempre brindarme su apoyo infinito para poder lograr mis metas, por ser ese apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida brindándome su cariño, comprensión, consejos y por siempre darme ánimos para seguir adelante, gracias a todo esto soy una persona con metas, objetivos y buenos valores. 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 esta gran oportunidad y más que nada la 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, y al **C. Lorenzo Villa Sandoval**, fiel colaborador del **Dr. Neymar** en los proyectos.

## DEDICATORIA

### **A mi madre, Lorena Vázquez Rosales**

Por todo darme la vida, apoyo y sacrificio.

### **A mi padre, Juan Luis Ledesma Vázquez**

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

### **A mi hermana; Ximena Ledesma Vázquez**

Por ser la luz de mis ojos, siempre darme cariño.

### **A mi hermano, Mariano Ledesma Vázquez**

Por todo lo que me a enseñado y por su gran apoyo.

### **A mis abuelitos; Francisco Vázquez Reyes y Jose Jesús Ledesma Bravo**

Por siempre contar con su apoyo y sus grandes consejos.

### **A mis tías; Marisol Vázquez y Fabiola Vázquez**

Por el apoyo que me han brindado y por siempre darme ánimos.

### **A mi equipo de tesis; Israel Alvarado, Mauricio Ruiz, Daniel Morales 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 no sería posible sin todo su apoyo...*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	13
2. Objetivos .....	15
2.1 Objetivo general.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
3. Hipótesis .....	16
3.1 Hipótesis alternativa .....	16
3.2 Hipótesis nula .....	16
4. Revisión de literatura.....	17
4.1 Antecedentes y origen del cultivo .....	17
4.2 Taxonomía.....	17
4.3 Descripción botánica .....	18
4.3.1 Planta.....	18
4.3.2 Sistema Radicular .....	19
4.3.3 Tallo principal .....	19
4.3.4 Hoja.....	19
4.3.5 Flor.....	19
4.3.6 El Fruto.....	19
4.4 Factores de clima y suelo que favorecen al cultivo.....	20
4.5 Plagas.....	20
4.5.1 Barrenillo del Chile ( <i>Anthonomus eugenii</i> Cano).....	21
4.5.2 Mosquita blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ).....	21
4.5.3 Minador de la hoja ( <i>Liriomyza munda</i> , Frick) .....	21
4.5.4 Pulga saltona ( <i>Epitrix Spp</i> ).....	21

4.5.5 Pulgón verde ( <i>Myzus persicae</i> ).....	22
4.5.6 Diabrotica ( <i>Diabrotica spp</i> ).....	22
4.6 Enfermedades .....	22
4.6.1 Enfermedades virales.....	22
4.6.2 Secadera del almácigo.....	23
4.6.3 Marchites del chile.....	23
4.7 Importancia del chile poblano a nivel mundial .....	23
4.8 Importancia económica y social del cultivo del chile .....	24
4.9 Importancia del chile poblano en México .....	25
4.10 Importancia del chile poblano en Coahuila .....	26
4.11 Porque es importante realizar evaluaciones agronómicas.....	27
4.12 Fito mejoramiento del chile en México.....	27
4.13Tipos de mejoramiento genético.....	29
4.13.1 Selección genealógica (método por pedigree).....	29
4.13.2 Hibridación .....	29
4.13.3 Selección masal .....	30
4.13.4 Retrocruzamiento.....	30
4.13.5 Selección asistida por marcadores moleculares .....	30
4.13.6 Inducción de mutaciones .....	31
4.13.7 Cultivo de tejidos.....	31
4.13.8 Ingeniería genética y mejoramiento de genes .....	31
5. Materiales y métodos .....	32
5.1 Ubicación y localización.....	32
5.2 Material genético .....	32
5.3 Diseño de la parcela experimental.....	32



5.4 Labores culturales .....	32
5.4.1 Siembra .....	32
5.4.2 Trasplante .....	33
5.4.3 Fertilización .....	34
5.4.4 Riego .....	35
5.4.5 Tutorado .....	36
5.4.6 Control de plagas y enfermedades.....	36
5.4.7 Cosecha .....	36
5.4.8 Variables agronómicas evaluadas.....	37
6. Resultados y Discusión .....	40
6.1 Rendimiento (g planta <sup>-1</sup> ) .....	40
6.2 Número de frutos por planta .....	41
6.3 Peso promedio del fruto .....	42
6.4 Longitud del fruto .....	43
6.5 Ancho de la base del fruto .....	44
6.6 Diámetro ecuatorial del fruto .....	45
6.7 Grosor del mesocarpio.....	46
6.8 Rendimiento calculado en toneladas por hectárea (t ha <sup>-1</sup> ).....	47
7. Conclusión .....	48
8. Referencias.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valor de la producción bruta (miles US\$) de Chile (2021) (FAOSTAT 2023)	24
Figura 2 . Francisco Ledesma, 2022. Siembra de semilla de Chile poblano en charolas de 200 cavidades con sustrato peat moss al 70% y perlita al 30%.	33
Figura 3 .Francisco Ledesma, 2022. Trasplante de plántula de Chile poblano a 30 cm entre planta y a 1.8 m entre surcos.	34
Figura 4. Francisco Ledesma, 2022. Producto fertidrip para la nutrición de los Chile poblano.	34
Figura 5 Francisco Ledesma, 2022. Producto algasur.	35
Figura 6 Francisco Ledesma, 2022. Aplicación con atomizador del Producto algasur.	35
Figura 7 . Francisco Ledesma, 2022. Frutos cosechados y marcados según su tratamiento.	37
Figura 8. Francisco Ledesma, 2022. Frutos cosechados de acuerdo con la madurez, tamaño, y forma.	37
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, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar.	40
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, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar.	41
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, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar.	42
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, a campo	

abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar. ....	43
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, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar. ....	44
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, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar. ....	45
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, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar. ....	46
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, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar. ....	47

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. SIAP, 2022 Producción Nacional de Chile Poblano en el año 2022. ....	25
Cuadro 2 SIAP, 2022 Producción Nacional de Chile seco ancho en el año 2022.	26
Cuadro 3 Fehr W. R. (1991) Principles of Cultivar Development. Vol. 1. Theory and Technique. Macmillan, New York, USA. 536 p.....	29
Cuadro 4 Francisco Iedesma, 2023. cosechas realizadas en los ocho híbridos evaluados después del trasplante. ....	37

## RESUMEN

En la actualidad, la agricultura se enfrenta a desafíos significativos de origen biótico y abiótico, exacerbados por el rápido crecimiento poblacional y la creciente imprevisibilidad del clima. Estos factores dificultan cada vez más la satisfacción de la demanda alimentaria, generando la necesidad imperante de abordar estos problemas. En este contexto, el mejoramiento genético emerge como una estrategia esencial para desarrollar nuevas variedades que se adapten de manera óptima a estas condiciones adversas. Con el objetivo de contribuir a este esfuerzo, se llevó a cabo la evaluación del desempeño agronómico de ocho híbridos experimentales de chile poblano en condiciones de campo abierto en Saltillo, Coahuila. El estudio se realizó en las instalaciones del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. A partir de los 15 días de trasplante, se recolectaron datos del grosor del tallo y la altura de la planta cada 15 días hasta la cosecha. Posterior a la cosecha, se realizaron mediciones detalladas de diversas variables, incluyendo rendimiento (en gramos por planta y toneladas por hectárea), número de frutos por planta, peso promedio de fruto, longitud y ancho del fruto, diámetro ecuatorial, grosor del mesocarpio, entre otras. El diseño experimental se basó en un modelo matemático de bloques completamente al azar, con ocho tratamientos y doce repeticiones para cada uno. Los resultados destacaron el rendimiento excepcional de dos híbridos en particular: el 0203, con un rendimiento total de chile en verde de 20.99 toneladas por hectárea, y el híbrido 0202, que registró 17.04 toneladas por hectárea. Ambos híbridos, caracterizados por un color rojo en la maduración, sobresalieron en las variables consideradas, subrayando su prometedor potencial en el contexto de las condiciones de cultivo evaluadas.

**Palabras clave:** desempeño agronómico, mejoramiento genético, variedades, híbridos experimentales, variables.

# 1. INTRODUCCIÓN

En México en el año 2022, se presentaron una variedad de resultados en el cultivo de chile poblano por regiones y estados, lo cual se calcula con respecto a la producción agrícola en dicho ciclo. A nivel nacional México logro cultivar la suma de 16,696.88 has sembradas de chile poblano, de la cual se obtuvo un volumen de 414,656.54 toneladas de producción, dando así un valor de producción de 4,264 millones de pesos mexicanos. En el año 2022, Zacatecas destacó como el estado líder en superficie sembrada y rendimiento, registrando 6,079.50 hectáreas cultivadas y una impresionante producción de 131,268.59 toneladas, con un valor de producción estimado en 1,122 millones de pesos mexicanos. En segundo lugar, se ubicó Guanajuato, con 3,270.50 hectáreas sembradas y una producción de 62,657.08 toneladas. Jalisco ocupó el tercer lugar con 1,625.50 hectáreas sembradas y una producción de 51,772.61 toneladas, según datos proporcionados por el SIAP en 2022. Es importante señalar que, a pesar del continuo crecimiento en la superficie sembrada y la producción, la demanda del mercado sigue en aumento y se vuelve cada vez más exigente. El consumo per cápita de chiles se sitúa en 18.1 kilogramos anuales según el (SIAP-SAGARPA en 2018). A pesar de estos avances, los rendimientos siguen siendo relativamente bajos en comparación con el potencial productivo de la especie, como indican los datos del (SIAP en 2019)

En la actualidad la agricultura enfrenta fuertes problemas de origen biótico y abiótico a los que hay que hacer frente, así como un acelerado crecimiento poblacional, el clima cada día más impredecible, la creciente urbanización y la degradación de las tierras de cultivo, son los principales factores que aquejan y hacen cada vez más difícil satisfacer la demanda alimenticia del (Lenaerts et al., 2019). Por lo cual surge la necesidad de trabajar en el mejoramiento genético para desarrollar nuevas variedades, con mayor adaptación a estas condiciones (sequias, temperatura altas y bajas, suelos alcalinos, ácidos, salinos, plagas y enfermedades cada vez tolerantes a los ingredientes activos), a fin de obtener cultivares de alto rendimiento y alta calidad de fruto, para esto, el mejoramiento genético sigue siendo el punto de

partida más seguro y la mejor estrategia para lograr a mediano y largo plazo la solución a los principales problemas que se citaron previamente (García et al.,2003). No obstante, en el mejoramiento genético, siempre es de gran importancia, el probar y evaluar agronómicamente cada uno de los materiales genéticos que se van generando ya sea híbridos o variedades, a fin conocer su potencial genético en diferentes ambientes y a través del tiempo, por lo anterior, se plantearon los siguientes objetivos.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

- Evaluar el desempeño agronómico de ocho híbridos experimentales de chile poblano a campo abierto en Saltillo, Coahuila.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Evaluar los fenotipos de ocho híbridos experimentales para determinar el potencial genético a campo abierto en Saltillo, Coahuila.
- Determinar mediante el desempeño agronómico de los híbridos el que tiene las mejores características y de mejor respuesta para su cultivo en el sureste Coahuila.



### **3. Hipótesis**

#### **3.1 Hipótesis alternativa**

- El desempeño agronómico de híbridos experimentales de chile poblano, será diferente cuando se cultivan a campo abierto en Saltillo, Coahuila.

#### **3.2 Hipótesis nula**

- El desempeño agronómico de híbridos experimentales de chile poblano, será similar cuando se cultivan a campo abierto en Saltillo, Coahuila.

## 4. Revisión de literatura

### 4.1 Antecedentes y origen del cultivo

Evidencias arqueológicas muestran que los humanos han utilizado los chiles como fuente de alimento desde 7200 A.C., y que esta planta fue domesticada en el continente americano, específicamente en México y Guatemala (Aguilar, 2008). México destaca a nivel mundial por tener la mayor variabilidad genética de *Capsicum annuum* L., que ha dado origen a un gran número de variedades o tipos de chiles, entre los que destacan el serrano, el jalapeño, ancho, pasilla, guajillo y de árbol (CONAPROCH, 2009).

La palabra chile, viene del náhuatl chilli y se aplica a numerosas variedades y formas de una planta herbácea anual de la familia solanaceae (la misma del jitomate, papa, berenjena y tabaco), es originaria de México, Centro y Sudamérica. En otras partes del mundo recibe el nombre de ají, pimiento, páprika, etc. Se le considera una de las primeras plantas cultivadas en Mesoamérica y no hay evidencia que existiera en otros continentes antes del descubrimiento del nuestro (Rodríguez y Lara, 2006).

### 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 annum*, *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. annum*, 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, 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**

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 de 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 que ocasionarían riesgo de 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**

Manejo integrado de plagas (MIP) que es un conjunto de técnicas como por ejemplo 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).

#### 4.5.1 Barrenillo del Chile (*Anthonomus eugenii* Cano)

Este insecto en su estado adulto es de color café oscuro y mide aproximadamente de 4 a 5 mm de longitud; la hembra deposita los huevecillos en el interior de los botones florales y de los frutos tiernos; la larva es de color blanco cremoso con la cabeza café, se desarrolla dentro del fruto y se alimenta de la semilla en formación. Posteriormente se transforma en pupa y después en adulto.

#### 4.5.2 Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)

La palomilla blanca en su estado adulto es una mosquita muy pequeña de color blanco que mide entre 1 y 2 mm de longitud. Como ninfa permanece en las hojas alimentándose del jugo de los tejidos de la planta hasta llegar al estado adulto en el que tiene un vuelo muy activo.

#### 4.5.3 Minador de la hoja (*Liriomyza munda*, Frick)

El adulto es una pequeña mosquita que pone los huevecillos en el envés de las hojas. Cuando sale la larva, penetra en sus tejidos alimentándose de su contenido, desfigurando la hoja y dejando senderitos o minas; posteriormente las hojas atacadas se secan y caen.

#### 4.5.4 Pulga saltona (*Epitrix Spp*)

Es un insecto pequeño que mide aproximadamente de 1.5 a 3 mm de largo, de forma ovalada y de color negro. Tiene pequeñas alas y patas traseras vigorosas que le permiten saltar activamente. Su principal daño consiste en destruir el follaje haciendo pequeños agujeros que atraviesan las hojas jóvenes y que al desarrollar aumentan las dimensiones de los orificios.

#### 4.5.5 Pulgón verde (*Myzus persicae*)

Es el vector de virus en vegetales más dañino del mundo, es capaz de transmitir más de 120 enfermedades que afectan a más de 500 plantas hospedantes, entre las que se encuentran el chile serrano y otras plantas de importancia económica. Los pulgones se encuentran principalmente en el envés de las hojas y en los lugares sombreados de los tallos, alimentándose al chupar la savia de las plantas.

#### 4.5.6 Diabrotica (*Diabrotica spp*)

En su estado adulto afectan al cultivo al alimentarse de sus hojas. Durante las etapas tempranas de crecimiento de la planta es cuando causan el daño más importante; si no se controla a tiempo pueden llegar a deshojar completamente.

### 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*), 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).

#### 4.6.2 Secadera del almácigo

Ligazón, ahogamiento o *Damping off*. Esta enfermedad es causada por un complejo de hongos y se presenta cuando existen excesos de humedad en la superficie del almácigo. El principal síntoma externo es que se forma una lesión de color oscuro en la base del tallo con la raíz, la cual estrangula al tallo; se propaga rápidamente de las plantas enfermas a las plantas sanas que se encuentran más cercanas, formando círculos de plantitas muertas. Esta enfermedad, en parte se puede prevenir desinfectando el suelo del almácigo, la semilla y aplicar riegos ligeros durante el desarrollo de la plántula, (SAGARPA, 2012).

#### 4.6.3 Marchites del chile

Esta enfermedad es causada por un complejo de hongos entre los que se encuentran *Fusarium*, *Phyitium*, *Rizoctonia* y *Phytophthora*. El daño principal se localiza usualmente en el cuello de la raíz o base del tallo y causa un marchitamiento repentino y muerte de la planta. La infección se facilita en lugares donde hay encharcamientos de agua o bien donde se siembra año tras año con chile y jitomate sin haber rotación de cultivos, (SAGARPA, 2012).

### **4.7 Importancia del chile poblano a nivel mundial**

El valor de la producción mundial de chile fresco es de 31,418.5 millones de dólares anuales, 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).



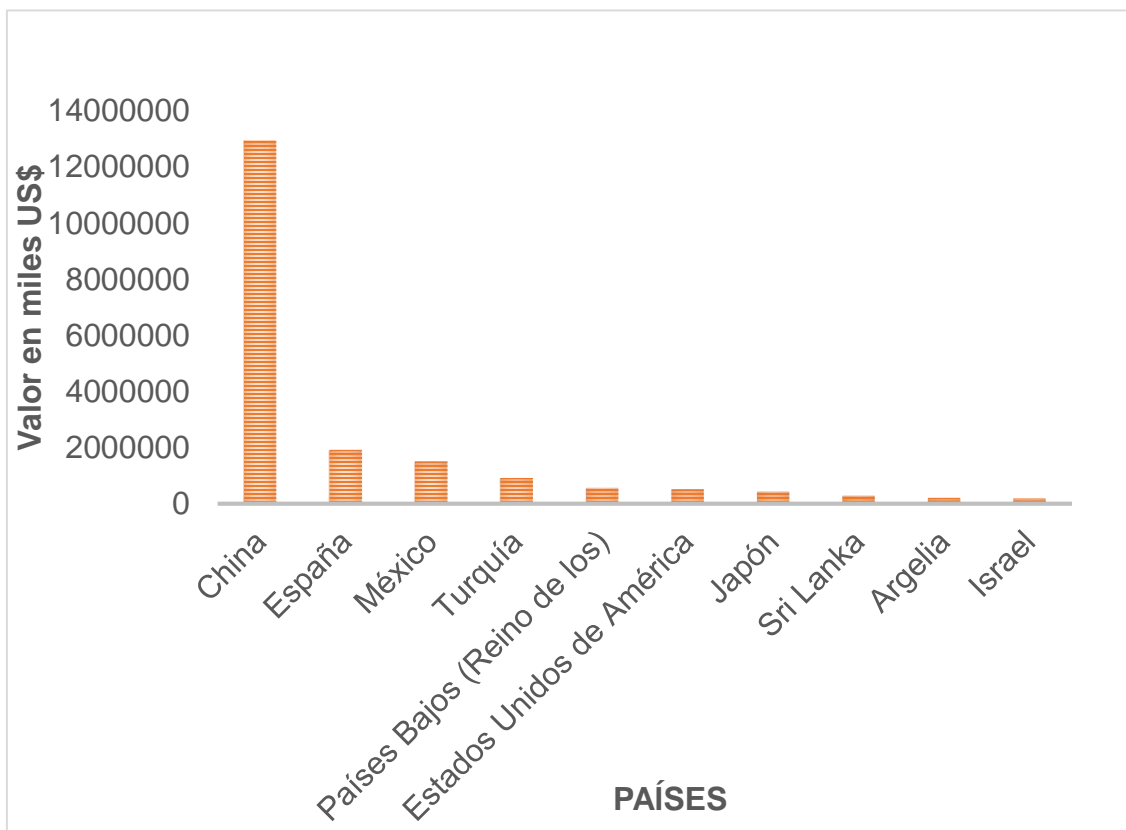


Figura 1. Valor de la producción bruta (miles US\$) de chile (2021) (FAOSTAT 2023)

#### 4.8 Importancia económica y social del cultivo del chile

El chile (*Capsicum annum* L.) es la segunda hortaliza de mayor importancia en México (Acosta y Chávez, 2003), país que es considerado como su centro de domesticación y de diversidad genética (Pickersgill, 1971; Long-Solís, 1986; MacNeish, 1995; Hernández-Verdugo et al., 1999). Dentro del género *Capsicum*, esta especie tiene la mayor importancia económica (Hernández- Verdugo et al., 1999), ya que por su diversidad de usos desde la gastronomía hasta la farmacéutica. y gran variación morfológica se encuentra difundida por todo el mundo (Ulloa, 2006). Sin embargo, pocos son los estudios de variabilidad genética que se han realizado en México (Pozo et al., 1991).

#### 4.9 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, donde se aprecian los siguientes resultados (Cuadro 1).

*Cuadro 1. SIAP, 2022 Producción Nacional de Chile Poblano en el año 2022.*

	Entidad	Superficie (ha)			Producción	Rendimiento (udm/ha)	PMR (\$/udm)	Valor Producción (miles de Pesos)
		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
<b>Total</b>		<b>16,696.88</b>	<b>16,568.88</b>	<b>128</b>	<b>414,656.54</b>	<b>25.03</b>	<b>10,241.81</b>	<b>4,246,831.81</b>

A nivel nacional México logro obtener la suma de 16,696.88 hectáreas sembradas, de la cual se obtuvo un volumen de 414,656.54 toneladas de producción, dando así un valor de producción de 4,264 millones de pesos mexicanos. Sin embargo, nos indica que el primer estado productor de chile poblano y con mayor superficie de área sembrada y con mayor rendimiento en el año 2022, fue el estado de Zacatecas contando con 6,079.50 has 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 has 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 has y obteniendo una producción de 51,772.61 toneladas (cuadro 2) (SIAP, 2022).

En nuestro país se siembran cada año más de 30,000 ha de chile poblano y anchos.

*Cuadro 2 SIAP, 2022 Producción Nacional de Chile seco ancho en el año 2022.*

	Entidad	Superficie (ha)			Producción	Rendimiento (udm/ha)	PMR (\$/udm)	Valor Producción (miles de Pesos)
		Sembrada	Cosechada	Siniestrada				
1	Aguascalientes	50	50	0	500	10	6,510.00	3,255.00
2	Durango	689.25	650.5	38.75	4,993.20	7.68	14,346.26	71,633.74
3	Guerrero	3.93	3.93	0	9.6	2.44	10,996.53	105.57
4	Oaxaca	89.5	89.5	0	182.7	2.04	12,995.80	2,374.33
5	Puebla	353.5	353.5	0	1,255.10	3.55	24,046.69	30,181.00
6	San Luis Potosí	5,519.00	5,519.00	0	61,208.50	11.09	17,504.87	1,071,446.81
7	Zacatecas	8,542.35	8,542.35	0	83,121.30	9.73	13,231.96	1,099,857.44
	<b>Total</b>	<b>15,247.53</b>	<b>15,208.78</b>	<b>38.75</b>	<b>151,270.40</b>	<b>9.95</b>	<b>15,064.77</b>	<b>2,278,853.88</b>

#### 4.10 Importancia del chile poblano en Coahuila

Coahuila se encuentra en el penúltimo lugar de producción del chile poblano en el año de 2022, contando una superficie total sembrada de 70 has en todo el estado, obteniendo un rendimiento de 18.98 t ha<sup>-1</sup> la cual da como resultado de producción la suma de 1,328.50 toneladas, dando así un valor de producción de más de 25 millones de pesos mexicanos (cuadro 1) (SIAP, 2022).

#### **4.11 Porque es importante realizar evaluaciones agronómicas**

Por la razón de que, con los rasgos fenotípicos los cuales son los que se consideran en estas evaluaciones, por ejemplo: como el rendimiento de los cultivos, la resistencia a las plagas y el tamaño de los frutos son vitales en la agricultura. Los utilizan los mejoradores para seleccionar las plantas con fenotipos deseables para producir variedades mejoradas. Ya que, en el mejoramiento genético, siempre es de gran importancia, el probar y evaluar agronómicamente cada uno de los materiales genéticos que se van generando ya sea híbridos o variedades, a fin conocer su potencial genético en diferentes ambientes y a través del tiempo, lo que permitirá sacar dichas variedades o híbridos al mercado una vez que se hayan validado en el campo y sobre todo con productores (Ledesma, 2023)

#### **4.12 Fito mejoramiento 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 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 \$ 1.5 por semilla en 2018. 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 el mejorar a las variedades criollas. Una alternativa es lo realizado en nuestra 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 (Cuadro 3). 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.

*Cuadro 3 Fehr W. R. (1991) Principles of Cultivar Development. Vol. 1. Theory and Technique. Macmillan, New York, USA. 536 p.*

<b>Ciclo</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Productos</b>
1.	Sembrar 375 semillas de la Po. Autofecundar 3 flores por planta	Fruto autofecundado de cada una de las 30 plantas (s1) seleccionadas. Tomar y mezclar 4 semillas de cada fruto ( 1200 semillas en total)
2.	Sembrar 375 semillas S1. Autofecundar 3 flores por planta	Fruto autofecundado de cada una de las 300 plantas (s2) seleccionadas. Tomar y mezclar 3 semillas de cada fruto (900 semillas en total)
3.	Sembrar 375 semillas S2. Cubrir todas las plantas	Frutos autofecundados de cada una de las 300 plantas (s3) seleccionadas
4.	Evaluación extensiva, surco por línea S3 derivada en diferentes ambientes	Identificación de líneas sobresalientes

#### **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 métodos**

### **5.1 Ubicación y localización**

La presente investigación, se llevó a cabo en un terreno de 48 m<sup>2</sup>, que está ubicado dentro de las instalaciones 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 0101, Híbrido 0102, Híbrido 0103, Híbrido 0104, Híbrido 0201, Híbrido 0202, Híbrido 0203 e Híbrido 0204.

### **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 . Francisco Ledesma, 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 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 .francisco ledesma, 2022  
Plántulas de chile poblano a 30 cm entre planta y  
a 1.8 m entre surcos, después del transplante.

#### 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. Francisco Ledesma, 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

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 (Figuras 5 y 6).



Figura 5 Francisco Ledesma, 2022. Producto algasur.



Figura 6 Francisco Ledesma, 2022. aplicación con atomizador del 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 regula 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 radiculares 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% + betacyflutrín 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 8. Francisco Ledesma, 2022. frutos cosechados de acuerdo con la madurez, tamaño, y forma.



Figura 7 . Francisco Ledesma, 2022. frutos cosechados y marcados según su tratamiento.

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 4).

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

Cuadro 4. Cosechas realizadas para la evaluación de los ocho híbridos.

#### 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.

### **Frutos por planta**

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

### **Peso promedio del fruto**

Para calcular esta variable, se empleó una báscula de la marca Torrey®, modelo LPCR40, para pesar los frutos, los cuales fueron contados meticulosamente. La determinación de esta variable se llevó a cabo dividiendo el peso total de los frutos en gramos por planta entre el número correspondiente 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 cuantificó 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<sup>-1</sup>)**

Para esta variable, se determinó el resultado al multiplicar el rendimiento individual de cada planta por el total de plantas estimadas en una hectárea, siguiendo la distribución establecida en el 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.

$\mu$  = efecto de la media general

$T_i$  = efecto del  $j$ -ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$  = efecto del error experimental



## 6. Resultados y Discusión

### 6.1 Rendimiento (g planta<sup>-1</sup>)

De acuerdo con los datos obtenidos a partir del análisis de varianza (ANVA  $p \leq 0.05$ ) y la prueba de medias de (Tukey  $p \leq 0.05$ ), con relación a la variable de rendimiento en gramos por planta, se encontró significancia estadística en relación a las medias de cada híbrido (Figura 9), en donde los híbridos 0203 con 583.13 g y 0202 con 473.21 g expresaron un resultado superior al resto, pero sobre todo a comparación de los híbridos 0102 con 310.21 g y 0103 con 307.08 g, que son los que resultaron ser los de menor resultado para esta variable, en tanto que el híbrido 0204 con 440.63 g seguido de 0101, 0201 y 0104 se identificaron con una diferencia intermedia entre los de mejor resultado y los de peor resultado.

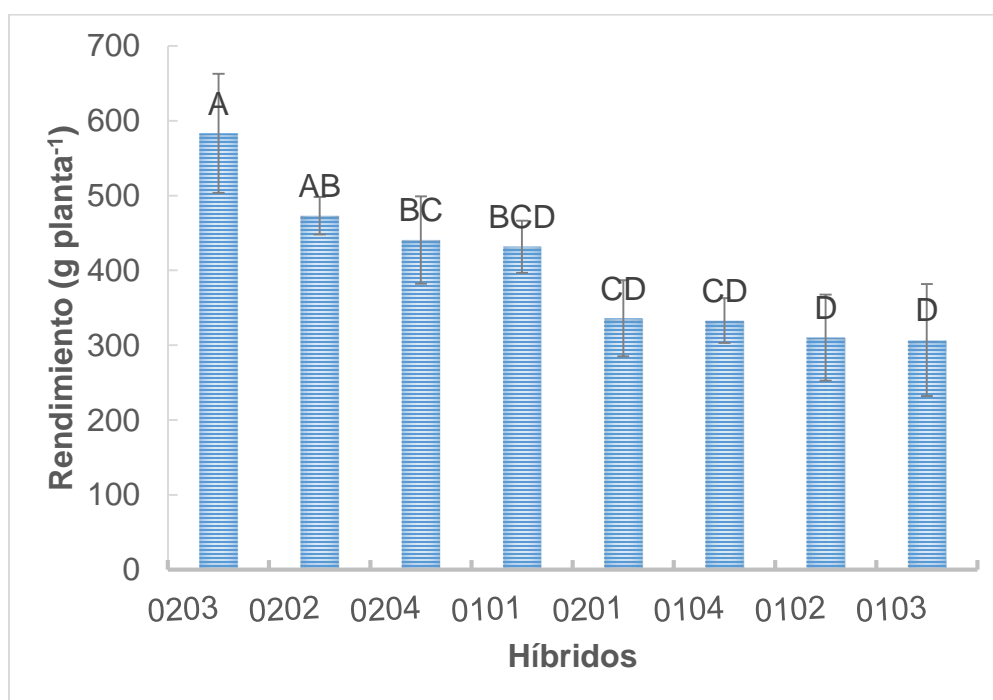


Figura 9 ANVA ( $p \leq 0.05$ ) y prueba de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ) de la variable de rendimiento en gramos por planta, de ocho híbridos experimentales de chile poblano, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar.

## 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 medias de (Tukey  $p \leq 0.05$ ), con relación a la variable número de frutos por planta, se presentó una significancia estadística en relación de las medias de los ocho híbridos experimentales, tal como se observa en la (Figura 10), en el cual se presentaron resultados que no fueron muy variados, tal fue el caso de los híbridos; 0202, 0203, 0101, 0204, 0102, 0201 y 0104 que se mantuvieron en un rango de 6.5 a 5.5 frutos por planta, sin embargo, le híbrido con menor cantidad de frutos fue el 0103.

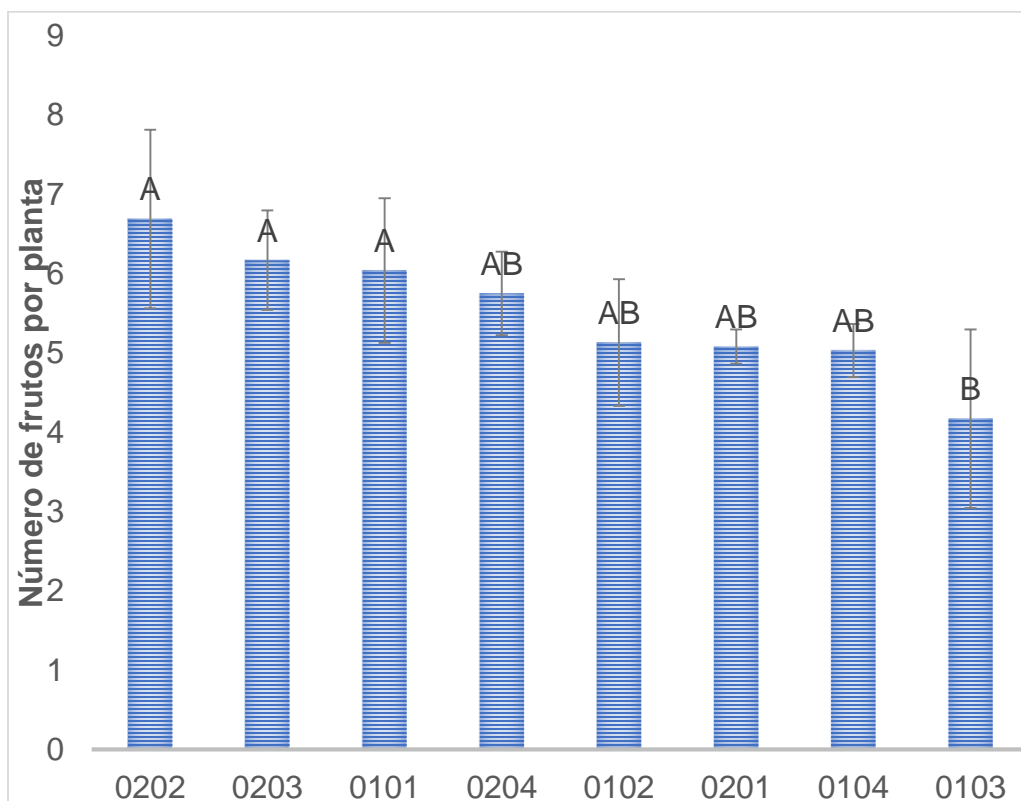


Figura 10 ANVA ( $p \leq 0.05$ ) y prueba de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ) de la variable de número de frutos por planta de ocho híbridos experimentales de chile poblano, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar.

### 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 medias de (Tukey  $p \leq 0.05$ ), con relación a la variable peso promedio del fruto, en el que se encontró una significancia estadística en relación de las medias de los ocho híbridos experimentales, como se puede ver en el (Figura 11), ya que se puede apreciar que los híbridos que mostraron mejor desempeño fueron 0203, seguido de los híbridos 0204, 0103 y 0101, en tanto que el híbrido de menor rendimiento fue el 0102, el peso medio del fruto es de gran importancia ya que, para tener calidad comercial siempre se requieren frutos de mayor tamaño y uniformes.

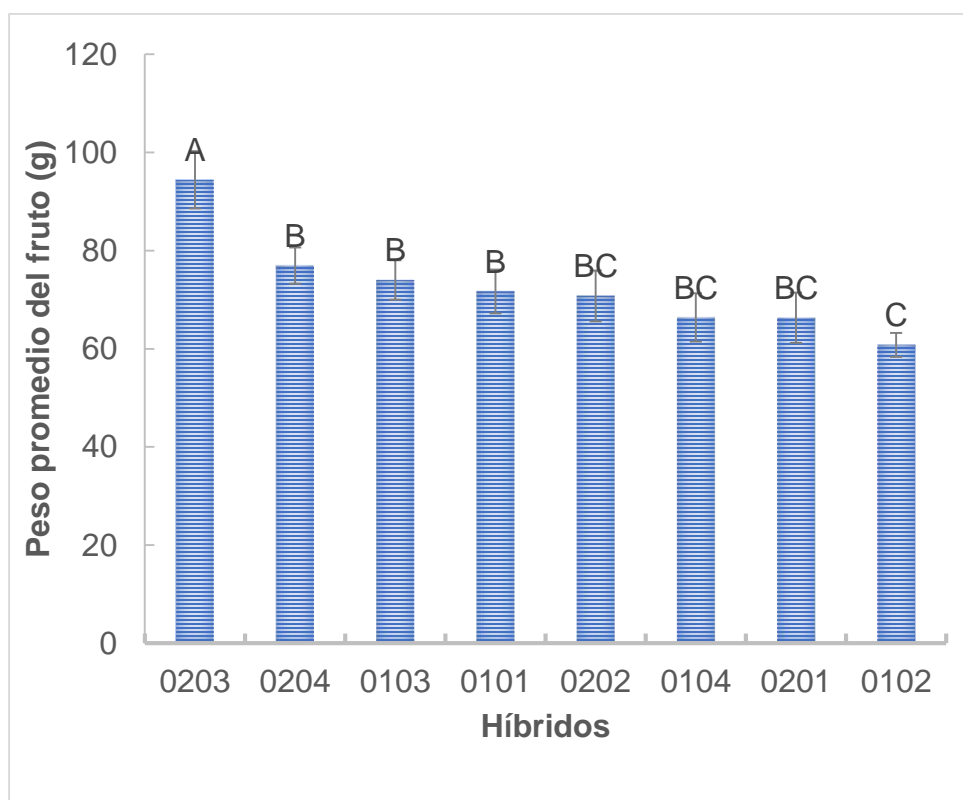


Figura 11. ANVA ( $p \leq 0.05$ ) y prueba de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ) de la variable de peso promedio del fruto de ocho híbridos experimentales de chile poblano, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar.

#### 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 medias de (Tukey  $p \leq 0.05$ ), con relación a la variable longitud de fruto, aquí no se detectaron diferencias estadísticas significativas, como se puede observar en la (Figura 12), no obstante, el híbrido que destaco den entre los demás fue 0101 con 15.17 cm, seguido de 0104 con 14.36 cm, teniendo en cuenta de la gran importancia que tiene esta variable al tener un mayor tamaño es más fácil su comercialización, ya que la media se encentra dentro de los rangos preferidos del mercado que can de los 14-18 cm.

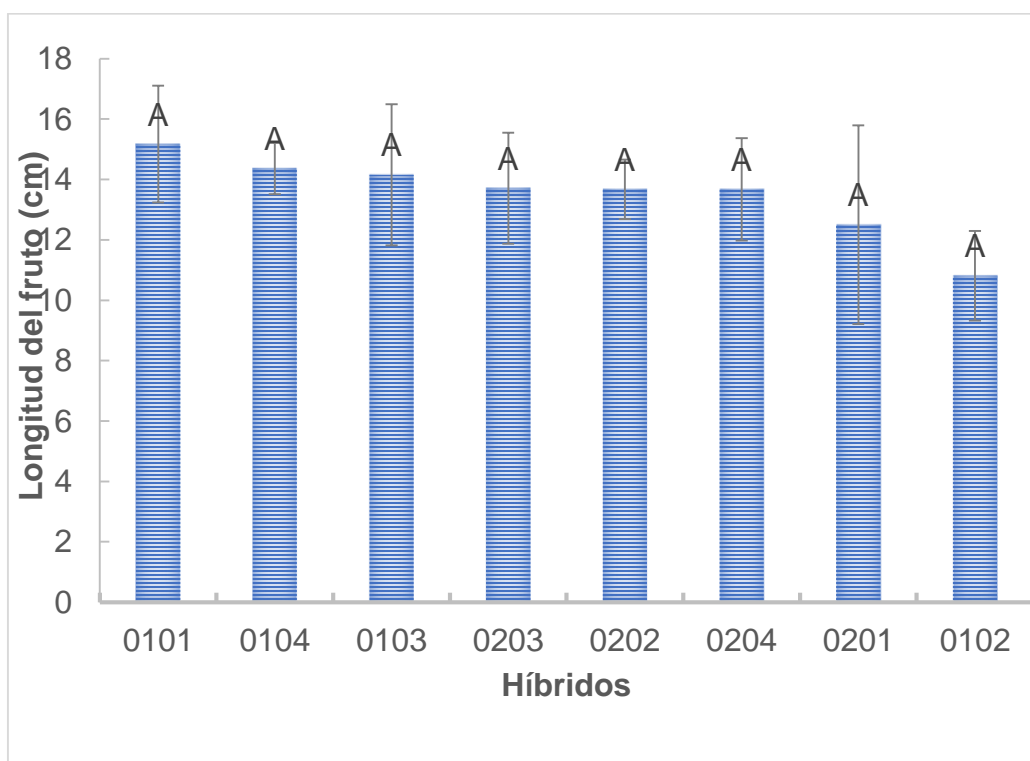


Figura 12 ANVA ( $p \leq 0.05$ ) y prueba de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ) de la variable de longitud del fruto de ocho híbridos experimentales de chile poblano, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar.

### 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 la base del fruto, no se encontraron diferencias estadísticas significativas, como se pueden observar en la (Figura 13), por lo que se aprecia, todos los híbridos tuvieron un comportamiento similar en esta variable, aunque se quedan un poco cortos, ya que el mercado prefiere frutos de 6-8 cm de ancho.

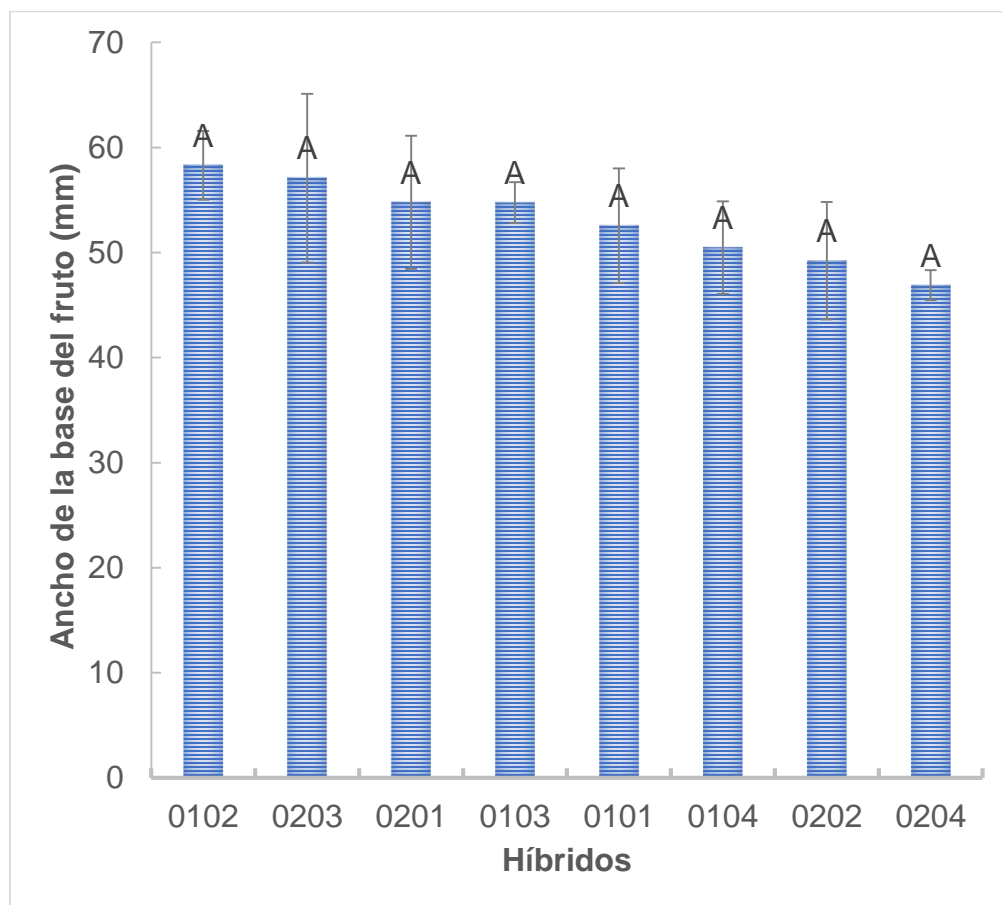


Figura 13. ANVA ( $p \leq 0.05$ ) y prueba de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ) de la variable ancho de la base del fruto de ocho híbridos experimentales de chile poblano, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar.

## 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 medias 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 mostraron un mejor comportamiento, fueron los híbridos 0102 con 57.01 mm y 0104 con 51.94 mm, en tanto que el híbrido 0204 fue el más delgado con un diámetro ecuatorial del fruto de 37.66 mm, es importante hacer mención, que esta variable es de suma importancia, ya que los frutos se prefieren anchos tanto en base como en centro, lo cual contribuye de cierta manera al peso de los frutos.

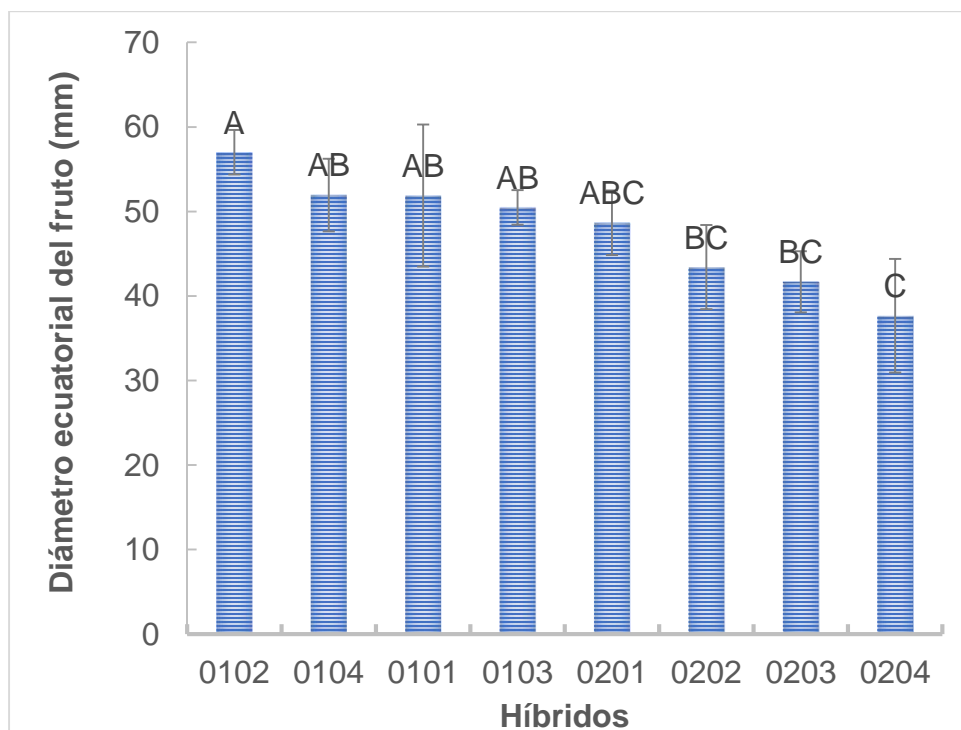


Figura 14 ANVA ( $p \leq 0.05$ ) y prueba de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ) de la variable diámetro ecuatorial del fruto de ocho híbridos experimentales de chile poblano, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar.

## 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 medias de (Tukey  $p \leq 0.05$ ), con relación a la variable grosor del mesocarpio, se presentaron diferencias significativas, como se pueden observar en la (Figura 15), donde se obtuvo que el mejor híbrido fue 0204 con 3.01 mm, por otro lado se observó el mismo comportamiento entre los híbridos 0104, 0203, 0101, 0103, 0202 y 0102 teniendo así un valor de entre 2.8 mm a 2.29 mm de grosor de mesocarpio, y por último el híbrido 0201 con 2.13 mm, clasificándose en el último grupo con el menor resultado de todos los híbridos probados, sin embargo, recalcando que un chile poblano con que cuente con un mayor grosor de su mesocarpio, puede mantener en mejor estado sus características físicas y también aportar con un mayor peso en el rendimiento.

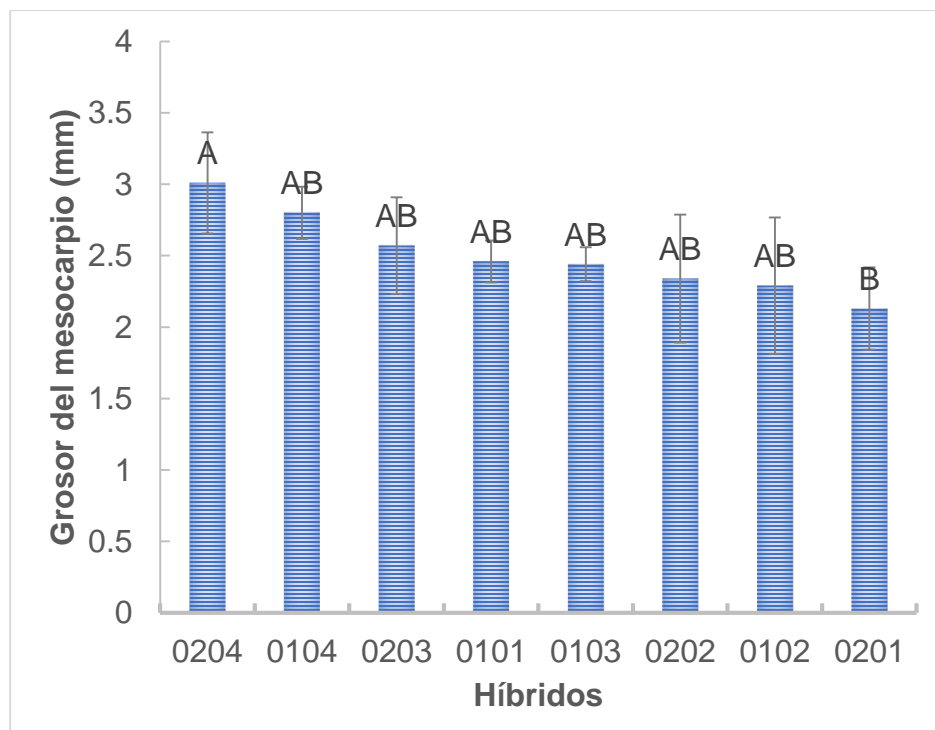


Figura 15 ANVA ( $p \leq 0.05$ ) y prueba de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ) de la variable grosor del mesocarpio de ocho híbridos experimentales de chile poblano, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar.

### 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 medias 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), en donde resultaron superiores los híbridos experimentales 0203 con  $20.99\ t\ ha^{-1}$  seguido de los híbridos 0202 con  $17.04\ t\ ha^{-1}$ , 0204 y 0101, que al compáralos con los que tuvieron el menor rendimiento 0103 y 0102 que van de  $11.17$  a  $11.6\ t/ha$ . Con dichos resultados se aprecia el potencial que existe en los híbridos sobresalientes, mismos que pueden proyectarse como híbridos comerciales en el corto o mediano plazo.

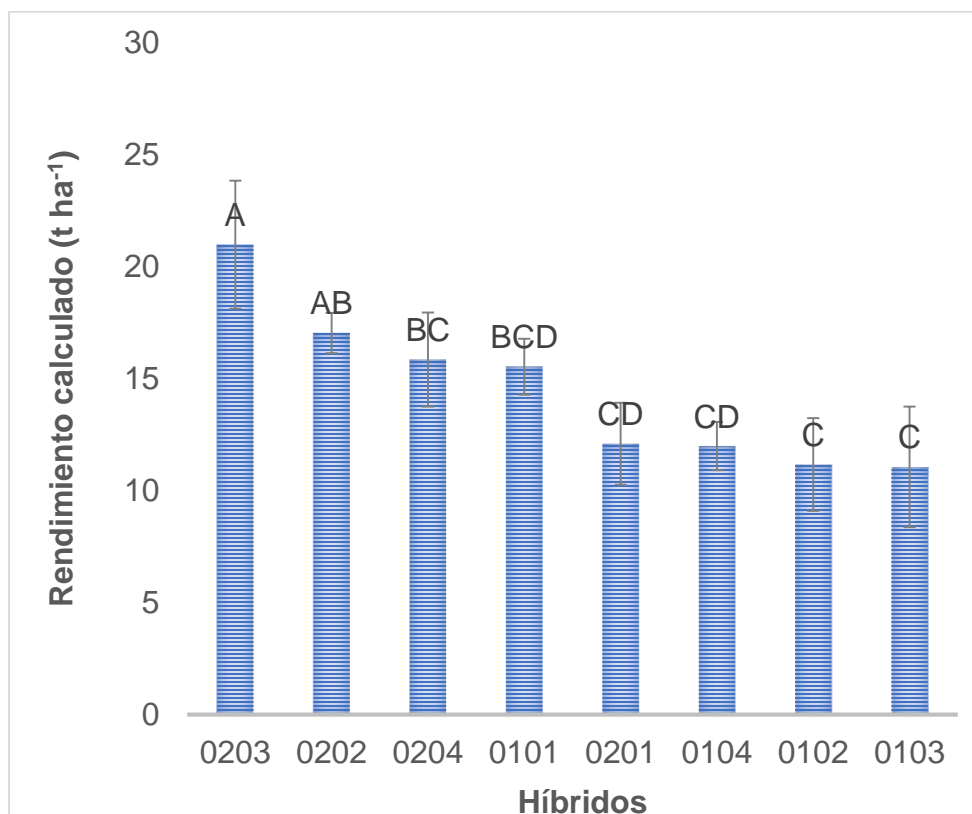


Figura 16 ANVA ( $p \leq 0.05$ ) y prueba de medias (Tukey  $p \leq 0.05$ ) de la variable rendimiento calculado en toneladas por hectárea ( $t\ ha^{-1}$ ) de ocho híbridos experimentales de chile poblano, a campo abierto, en Saltillo, Coahuila, México. Las líneas verticales indican la desviación estándar.



## **7. Conclusión**

Los híbridos experimentales de chile poblano que mostraron un buen desempeño agronómico, sobre todo en el rendimiento y algunos de los componentes fueron 0203, 0202, 0204 y 0101, los cuales muestran un gran potencial genético, potencial que debe de compararse con híbridos comerciales para constatar su potencial agronómico y puedan ser cultivados en el sureste de Coahuila.

Se recomienda seguir evaluando los híbridos, sobre todo en otras regiones tanto a campo abierto y bajo agricultura protegida a fin de comprobar su estabilidad genética y continuar mejorándolos.

## 8. Referencias

- Acosta R., G. F.; Chávez S., N. 2003. Arreglo topológico y su efecto en rendimiento y calidad de la semilla de chile jala- peño. *Agricultura Técnica en México* 29: 49-60.
- Aguirre, H. E. y Muñoz O. V. (2015). El chile como alimento. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 66(3), 16-23.
- Aguilar M.A. 2008. El origen de los chiles domésticos (*Capsicum annum* var. *Annum* L.) en Mesoamérica. En Quinta Convención Mundial del Chile, Memorias, San Luis Potosí, S.L.P
- Angulo, I. & Ortiz, M (2020). Mejoramiento Genético en Plantas Alógamas y Autógamas. [Monografía de licenciatura, Universidad Nacional de Colombia].
- Arteaga, A. (2011). Simulación de dos estrategias de mejoramiento genético de plantas aplicando la plataforma qu - gene. [Tesis de maestría, 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.
- 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.
- CONAPROCH [ON line]. <http://www.conaproch.org/cphtm>[2009, Nov. 27].
- Dong, O. y Ronald, P. (2019). Genetic Engineering for Disease Resistance in Plants: Recent Progress and Future Perspectives. *Plant physiology*, 180(1), 26-38.

- García, D. B.; Cabrera, F. A. V. y Salazar, E. I. E. 2003. Avance generacional y selección de líneas promisorias de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) tipos chonto y milano. Acta Agronómica. 52(1):1-9.
- 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).
- 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>.
- 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 annuum*, 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, L. P., Rodríguez, H. R., y Bravo, M. E. (2016). Impacto económico del Chile huacle (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Oaxaca. Revista Mexicana de Agronegocios, 38, 317-328.
- 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.

Lenaerts, B.; Collard, B. C. and Demont, M. 2019. Improving global food security through accelerated plant breeding. *Plant Science*. 287 (110207): 1-8. doi: 10.1016/j.plantsci.2019. 110207.

M.C. Investigador del Nodo Regional de la Red de Innovación Hortalizas, hasta el 31 de Diciembre de 2007. Campo Experimental San Luis. CIRNE-INIFAP

Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, fao. (2017). estadísticas de la producción mundial de chile verde. <http://www.fao.org/statistics/databases/es/>

Pickersgill, B. 1971. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (genus *Capsicum*). *Evolution* 25: 683-691.

POZO C., O.; MONTES, S.; RENDÓN, E. 1991. Chile (*Capsicum* spp.). pp 217-238. In: Ortega PR, Palomino HG, Castillo GF, González HVA y Livera MM (eds). Avances en el Estudio de los Recursos Genéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Méx.

Rodríguez, O.J.C Y Lara, M.J.L. 2006. El Chile, producto que nos identifica como mexicanos. *Revista Universitarios Potosinos* mayo 2006. Pag. 4-9

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA. (2016). Base de datos en línea, disponible en: <http://www.gob.mx/sagarpa>.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. (2017). Atlas Agroalimentario 2017. Recuperado de: <http://www.siap.gob.mx/>. Consultado en diciembre de 2017.B

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

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>.

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. Tlalnepantla, Edo. de México, México. 31 p.

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. Tlalnepantla, Edo. de México, México. 31 p.

Sourav, B. (2023, septiembre 16). Fenotipo: definición, importancia, ejemplos. *Microbiology Note – Online Biology Notes*. <https://microbiologynote.com/es/fenotipo/>

Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., Antonio López, P., Guerrero-Rodríguez, J. D. D., 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.

Ulloa, C. 2006. Aromas y sabores andinos. In: Morales RM, ØLLGAARD B, KVIST LP, BORCHSENIUS F Y BALSLEV H (eds.). *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, pp 313-328

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