



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS PUEBLA**

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA  
REGIONAL

## **EVALUACIÓN DE LÍNEAS DE CHILE POBLANO EN LA REGIÓN DE LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA, MÉXICO**

**IGNACIO GONZÁLEZ ALONSO**

T E S I S  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS**

PUEBLA, PUEBLA

2021



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis, titulada: **Evaluación de líneas de chile Poblano en la región de la Sierra Nevada de Puebla, México**, realizada por el alumno: **Ignacio González Alonso**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:

DR. HIGINIO LÓPEZ SÁNCHEZ

ASESOR:

DR. PEDRO ANTONIO LÓPEZ

ASESOR:

DR. OSWALDO REY TABOADA GAYTÁN

ASESOR:

DR. AMALIO SANTACRUZ VARELA

Puebla, Puebla, México, 13 de diciembre del 2021

# EVALUACIÓN DE LÍNEAS DE CHILE POBLANO EN LA REGIÓN DE LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA, MÉXICO

Ignacio González Alonso, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2021

## RESUMEN

El cultivo de chile “Poblano” (*Capsicum annuum* L.) denota su importancia regional y nacional por ser parte de la cultura culinaria y fuente económica de muchos productores en la región de la Sierra Nevada de Puebla. Sin embargo, a nivel nacional existen bajos rendimientos de fruto comparados con otros países y una falta de información sobre el aprovechamiento de la diversidad en líneas endogámicas derivadas de poblaciones criollas. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue generar conocimiento sobre el comportamiento de líneas derivadas de chile Poblano criollo de acuerdo a sus características agronómicas y su potencial para ser utilizadas como variedades mejoradas. Así mismo, demostrar la diversidad dentro de poblaciones y determinar qué caracteres morfológicos la confieren. Se evaluaron 55 líneas endogámicas S<sub>3</sub>, seis líneas S<sub>5</sub>, y como testigos se tuvieron a las poblaciones originales que dieron origen a esas líneas y un híbrido comercial. Esto se realizó en tres localidades de la Sierra Nevada de Puebla, mediante un diseño experimental de látice simple 8 x 8. Se registraron variables vegetativas, fenológicas, de fruto y su rendimiento, en las que se realizó un análisis combinado, comparación de medias y análisis multivariado, además del comportamiento de estabilidad de las líneas. Se encontraron líneas sobresalientes por sus características vegetativas, fenológicas, de fruto y rendimiento, con buen comportamiento entre ambientes. Además, se encontró amplia variación dentro de poblaciones, atribuida principalmente a características de planta, fruto y rendimiento, lo que permitió la formación de dos grupos principales que resaltaron por la diferencia en caracteres vegetativos y productivos. Esto corrobora la efectividad del método de mejoramiento genético y la diversidad presente dentro de poblaciones. En conclusión, existen líneas sobresalientes por sus características vegetativas, fenológicas y de fruto, que poseen buen comportamiento entre ambientes, lo que les confiere la capacidad para utilizarse como variedades mejoradas.

**Palabras clave:** *Capsicum annuum* L., características morfológicas, diversidad, líneas, mejoramiento genético.

**EVALUATION OF LINES OF POBLANO CHILE PEPPERS IN THE SIERRA  
NEVADA DE PUEBLA REGION, MEXICO**

**Ignacio González Alonso, M.C.**

**Colegio de Postgraduados, 2021**

**ABSTRACT**

The "Poblano" pepper crop (*Capsicum annuum* L.) denotes its regional and national importance as it is part of the culinary culture and economic source of many producers in the Sierra Nevada de Puebla region. However, at the national level there are low fruit yields compared to other countries and a lack of information on the use of diversity in inbred lines derived from creole populations. Therefore, the objective of this study was to generate knowledge about the behavior of lines derived from creole Poblano peppers according to their agronomic characteristics and their potential to be used as improved varieties. Likewise, to demonstrate the diversity within populations and determine what morphological characters confer it. Fifty-five S<sub>3</sub> inbred lines, 6 S<sub>5</sub> lines, and as controls the original populations that gave rise to these lines and a commercial hybrid were evaluated, in three localities of the Sierra Nevada de Puebla, using a simple 8 x 8 lattice experimental design. Data on vegetative, phenological, fruit and yield variables were recorded, in which a combined analysis, comparison of means and multivariate analysis were performed, in addition to the stability behavior of the lines. Outstanding lines were found for their vegetative, phenological, fruit and yield characteristics, with good behavior between environments. In addition, wide variation was found within populations, attributed mainly to plant, fruit and yield characteristics, which allowed the formation of two main groups that stood out for the difference in vegetative and productive characters. This corroborates the effectiveness of the genetic improvement method and the diversity present within populations. In conclusion, there are outstanding lines due to their vegetative, phenological, and fruit characteristics, which have good behavior between environments, which gives them the ability to be used as improved varieties.

**Keywords:** *Capsicum annuum* L., morphological characteristics, diversity, lines, genetic improvement.

## **DEDICATORIA**

*A mis padres: Imelda Alonso Cruz e Ignacio González González, por su apoyo, confianza y motivación en las decisiones de mi vida, fruto de ello también éste logro es de ustedes. Gracias.*

*A mis hermanos: Roosevelt, Imelda, José, que son mi apoyo y felicidad.*

*A Gigi, por tu amor y apoyo.*

## AGRADECIMIENTOS

Al **Colegio de postgraduados Campus Puebla y su programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional**, por haberme dado la oportunidad de estudiar, aprender y formarme en sus pasillos, aulas, instalaciones y con sus docentes de calidad.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por la beca que me brindo durante mi formación como maestro en ciencias.

Al **Dr. Higinio López Sánchez**, por haberme brindado su apoyo, guía y tutela como consejero, por enseñarme la importancia de la investigación científica en sus clases y por sus consejos de amistad.

Al **Dr. Pedro Antonio López**, por ser parte de mi Consejo Particular y Profesor, por los conocimientos de calidad en diseños experimentales y por el apoyo constante brindando en la revisión y asesoría de toda mi investigación.

Al **Dr. Amalio Santacruz Varela**, por ser Parte de mi Consejo Particular, por su detalladas correcciones y comentarios en el proceso de elaboración de mi investigación.

Al **Dr. Oswaldo Rey Taboada Gaytán**, por ser parte de mi Consejo Particular, por sus conocimientos compartidos y su apoyo en la revisión de mi investigación.

Al **Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez**, por ser sinodal en la revisión de mi tesis y por sus comentarios y observaciones que me apoyaron en el escrito.

A las **familias Nocelo, García y Arroyo** de la Región de la Sierra Nevada de Puebla, por brindar sus terrenos y apoyo en el proceso de campo de mi investigación.

A la **M. I. E. Ingrid C. Hernández Carrasco**, por su apoyo en campo, toma de datos y motivación.

Al **Ing. Ricardo López Ortega**, por su amistad y apoyo en la traducción al inglés de los tres resúmenes de la Tesis.

A mis compañeros y amigos: **Josué, Edith, Mayra, Sarái, Ana, Hugo, José y Ángel**, que pese al poco tiempo compartido son parte de mi formación y vivencia en el ColPos.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE CUADROS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
Datos de la producción mundial y nacional de chile y su importancia....	5
Centro de origen y diversidad del chile.....	6
Proceso de formación de líneas.....	6
<b>CAPITULO I. LAS LÍNEAS DERIVADAS DE UNA POBLACIÓN CRIOLLA SOBRESALIENTE DE CHILE POBLANO TIENEN POTENCIAL PARA USARSE COMO VARIETADES MEJORADAS.....</b>	<b>8</b>
1.1 RESUMEN.....	8
1.2 ABSTRACT.....	9
1.3 INTRODUCCIÓN.....	10
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
1.4.1 Material genético.....	13
1.4.2 Obtención de plántula.....	13
1.4.3 Localización de parcelas, diseño y unidad experimental.....	13
1.4.4 Manejo agronómico.....	14
1.4.5 Variables evaluadas.....	14
1.4.6 Análisis estadístico.....	15
1.5 RESULTADOS.....	17
1.5.1 Efecto de localidades, genotipos y la interacción genotipo x ambiente.....	17
1.5.2 Características vegetativas.....	19
1.5.3 Componentes del rendimiento.....	20
1.5.4 Días a floración.....	21
1.5.5 Comportamiento de estabilidad y selección de líneas.....	23

1.6 DISCUSIÓN.....	25
1.7 CONCLUSIONES.....	32
<b>CAPITULO II. EXISTE AMPLIA DIVERSIDAD EN LÍNEAS DERIVADAS DE CHILE POBLANO CRIOLLO PROPORCIONADA POR CARACTERES VEGETATIVOS Y PRODUCTIVOS.....</b>	<b>33</b>
2.1 RESUMEN.....	33
2.2 ABSTRACT.....	34
2.3 INTRODUCCIÓN.....	35
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
2.4.1 Genotipos utilizados.....	37
2.4.2 Producción de plántula.....	37
2.4.3 Localización de parcelas, diseño y unidad experimental.....	37
2.4.4 Manejo agronómico.....	38
2.4.5 Variables registradas.....	38
2.4.6 Análisis estadístico.....	39
2.5 RESULTADOS.....	41
2.5.1 Componentes principales que expresan la diversidad morfológica.....	41
2.5.2 Diversidad fenotípica entre genotipos.....	42
2.6 DISCUSIÓN.....	47
2.7 CONCLUSIONES.....	50
<b>DISCUSIÓN GENERAL.....</b>	<b>51</b>
<b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>54</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>55</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b>	Proceso de formación y obtención de líneas.....	7
------------------	---	---

### CAPITULO I

<b>Cuadro 2.</b>	Cuadros medios del análisis de varianza combinado para las variables estudiadas.....	18
------------------	--	----

<b>Cuadro 3.</b>	Líneas sobresalientes en rendimiento con su comparación de medias sobre caracteres de fruto en comparación a los testigos.....	19
------------------	--	----

<b>Cuadro 4.</b>	Líneas sobresalientes en rendimiento y su comparación de medias de las variables vegetativas en comparación a los testigos.....	21
------------------	---	----

<b>Cuadro 5.</b>	Líneas sobresalientes en rendimiento y su comparación de medias en los días en alcanzar el 50 % de floración en comparación a los testigos.....	22
------------------	---	----

### CAPITULO II

<b>Cuadro 6.</b>	Vectores propios en cinco componentes principales de los 12 caracteres evaluados en líneas derivadas, genotipos originales e híbrido comercial.....	42
------------------	---	----

<b>Cuadro 7.</b>	Comparación de medias de los caracteres evaluados en los grupos formados por las líneas derivadas, genotipos originales y el híbrido comercial.....	46
------------------	---	----

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

<b>Figura 1.</b>	Comportamiento del rendimiento en líneas sobresalientes, híbrido comercial y variedades originales en tres localidades.....	24
------------------	---	----

### CAPITULO II

<b>Figura 2.</b>	Líneas derivadas, genotipos originales e híbrido comercial de chile Poblano y su dispersión, de acuerdo a características que más expresaron la variación.....	43
<b>Figura 3.</b>	Agrupación de las líneas derivadas, genotipos originales e híbrido comercial de acuerdo a 12 caracteres evaluados en chile Poblano.....	45

## INTRODUCCIÓN GENERAL

### Planteamiento del problema

La importancia del cultivo de chile en México y en el mundo, radica en la versatilidad de usos que tienen sus frutos frescos o secos como ingredientes culinarios que confieren aroma, color y sabor a múltiples platillos (Zegbe-Domínguez *et al.*, 2012). A nivel mundial, la FAOSTAT (2019) reportó que el cultivo de chile generó cerca de \$ 10 mil millones de dólares en 61.6 millones de toneladas producidas en verde y seco. Los principales países productores de chile verde son China (19,007,247 t), México (3,238,245 t) y Turquía (2,625,669 t); en chile seco lo son India (1,743,000 t), Tailandia (348,102 t) y China (326,040 t), mientras que México se ubica en el lugar 15 (60,706 t). A pesar de esto, México se considera dentro de los primeros países productores de chile verde y seco a nivel mundial. Sin embargo, sus rendimientos de fruto en seco son bajos, comparado a otros países, ya que en el 2019 se ubicó en el lugar 37, con 1.9 t ha<sup>-1</sup>, mientras que para China se reportó un rendimiento de 6.7 t ha<sup>-1</sup> y en Perú se tuvo un rendimiento de 5.7 t ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2019). Lo anterior significa que en México es necesario aumentar los rendimientos en chile seco para generar una mejor productividad.

En la familia Solanácea se tienen cinco especies cultivadas de chile: *C. annuum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. baccatum* y alrededor de 25 especies de tipo silvestre y semicultivadas (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999). De estas especies, según López *et al.* (2016), *C. annuum* es la más cultivada y de mayor realce a nivel mundial, siendo México en donde se encuentra la mayor diversidad. Además, México es centro de domesticación de *C. annuum*, confirmado por múltiples evidencias genéticas y arqueobotánicas (Kraft *et al.*, 2014). Por consiguiente, según Aguirre-Macilla *et al.* (2017), el chile se cultiva en todo el territorio nacional, desde 1 a 2500 metros sobre el nivel del mar. Como resultado de su amplia distribución, en México, según Moreno-Ramírez *et al.* (2019), se ha generado una gran diversidad morfológica en variedades locales, de acuerdo a la selección natural y agronómica en los diferentes agrosistemas y

regiones. Por lo tanto, al momento se han reportado la presencia de 64 tipos diferentes de chiles criollos (SADER, 2020), diversidad que de acuerdo a Pérez-Castañeda *et al.* (2015) necesita ser aprovechada, generando información sobre estudios de poblaciones e identificación de genotipos para la aplicación de mejoramiento genético, con lo que se apoyaría a la conservación de este recurso genético en México.

En el género *Capsicum* existe un potencial genético que puede ser la base para la obtención de variedades mejoradas (Escalera-Ordaz *et al.*, 2018). Además, León-García (2020) menciona que el uso de variedades mejoradas es adecuado para sembrarse durante varios años, competir en rendimiento con los híbridos y además tener costos más accesibles para los productores. También, el uso de variedades mejoradas en México ha coadyuvado como estrategia en el aumento de la producción (Espinosa-Calderón *et al.*, 2014); algo necesario si queremos ser más competentes. El problema radica en que actualmente sólo se tienen registradas 41 variedades mejoradas de Chile, de éstas, únicamente tres son del tipo Poblano "Mulato" (SNICS, 2021), lo que significa una falta de materiales que apoyen a la producción. El mejoramiento genético en nichos ecológicos propuesto por Muñoz (2005) es una posible alternativa, partiendo de la valoración de la diversidad de poblaciones nativas, lo que resulta en una identificación de poblaciones sobresaliente con atributos de interés y potencial para aplicar esquemas de aprovechamiento genético. Además, en Chile Poblano se encontró diversidad genética morfológica de poblaciones nativas de la Sierra Nevada de Puebla (Toledo-Aguilar *et al.*, 2011; Toledo-Aguilar *et al.*, 2016), de la cual se encontraron variedades nativas con mejores rendimientos que el híbrido comercial, además de buena estabilidad de rendimiento entre ambientes. Dicha situación demuestra el potencial de estas poblaciones para dar solución a problemas productivos mediante mejoramiento genético para la creación de variedades mejoradas con enfoque local.

De lo anterior, para apoyar a la generación de información en el género *Capsicum* y en particular en el chile Poblano "Mulato", se buscaron líneas derivadas de chile Poblano criollo con potencial de acuerdo a sus características agronómicas para usarse como variedades mejoradas y conocer su diversidad morfológica.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Conocer el comportamiento de líneas derivadas de chile Poblano criollo, de acuerdo a sus características agronómicas y su potencial para ser utilizadas como variedades mejoradas; así mismo, demostrar la amplia diversidad dentro de poblaciones criollas y determinar qué caracteres morfológicos la confieren.

### **Objetivos específicos**

1. Definir el nivel de diferencias en características de rendimiento, fenología, vegetativas y de fruto en líneas sobresalientes de chile Poblano.
2. Conocer el potencial agronómico de líneas derivadas de chile Poblano criollo de acuerdo a sus características sobresalientes de rendimiento, fenología, vegetativas y de fruto, para su utilización como variedades mejoradas.
3. Estudiar y agrupar la diversidad genética de líneas derivadas de chile Poblano y los componentes que la expresan.

## **Hipótesis**

### **Hipótesis general**

En líneas derivadas de poblaciones criollas de chile Poblano existe potencial agronómico de acuerdo a sus características de planta, fenología y componentes del rendimiento, que les confiere la posibilidad de utilizarlas como variedades mejoradas; además de tener una amplia diversidad genética dentro de poblaciones criollas expresada por diferentes características.

### **Hipótesis particulares**

1. En las líneas derivadas de poblaciones criollas de chile Poblano existen amplias diferencias morfológicas y de rendimiento de fruto.

2. Las líneas derivadas de chile Poblano criollo tienen potencial agronómico, de acuerdo a sus características vegetativas, fenológicas, de fruto y rendimiento, para usarse como variedades mejoradas.

3. Existe una amplia diversidad en líneas derivadas de chile Poblano criollo determinada por características morfológicas lo que permitirá su agrupación.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Datos de la producción mundial y nacional de chile y su importancia

A nivel mundial se produjeron 57 millones de toneladas de chile verde y 4.5 millones de toneladas de chile seco. Los principales diez productores de chile verde son: China (19 Mt), México (3 Mt), Turquía (2.6 Mt), Indonesia (2.5 Mt), España (1.4 Mt), Egipto (0.7 Mt), Nigeria (0.7 Mt), Argelia (0.6 Mt), Estados Unidos (0.6 Mt) y Túnez (0.4 Mt), mientras que los principales diez productores de chile seco son: India (1.7 Mt), Tailandia (0.3 Mt), China (0.3 Mt), Etiopía (0.3 Mt), Costa de Marfil (0.17 Mt), Bangladesh (0.14 Mt), Myanmar (0.13 Mt), Ghana (0.12 Mt), Vietnam (0.10 Mt) y Pakistán (0.10 Mt), mientras que México se sitúa en el lugar 15 (60 mil t) (FAOSTAT, 2019).

A nivel nacional los principales estados productores de chile Poblano son: Zacatecas, Guanajuato, Sinaloa y San Luis Potosí, aportando un 70 % del total de la producción, mientras que el estado de Puebla reporta una producción que equivale al 0.7 % del total de la producción nacional. En rendimiento de chile verde los estados más sobresalientes son: Tamaulipas (40.9 t ha<sup>-1</sup>), Baja California Sur (40.79 t ha<sup>-1</sup>) y Michoacán (38.70 t ha<sup>-1</sup>), mientras que el estado de Puebla reporta el rendimiento más bajo nacional (9.37 t ha<sup>-1</sup>) (SIAP, 2019).

En el caso de chile “Mulato” a nivel nacional se cosecharon 1878 hectáreas, obteniendo 3869 toneladas, abastecidas principalmente por los estados de Zacatecas, Durango, Aguascalientes, San Luis Potosí y Guanajuato (Santiago-López *et al.*, 2018). En el estado de Puebla la producción de chile “Mulato” se centra en agricultura de tipo tradicional, con superficies pequeñas, menores a 100 m<sup>2</sup> por productor, destinando la mayor parte de la producción al autoconsumo y sólo un porcentaje pequeño a la venta local (Pérez-Carrasco *et al.*, 2016). Herrera (2016) encontró que los principales sistemas de producción de chile “Mulato” en la Sierra Nevada de Puebla no rebasan una hectárea, obteniendo rendimientos promedio de 1.07 t ha<sup>-1</sup>, utilizando un 100 % de semillas criollas.

## **Centro de origen y diversidad del chile**

El centro de origen del género *Capsicum* se ubica en América del sur (Pickersgill, 1997), principalmente en las regiones de Bolivia, la parte norte de Argentina y la parte centro sur de Brasil (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999). 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), en 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 anchos se encuentran seis: Dulce, Mulato, Ancho, Miahuateco, Huacle o Chilhuacle y cristalinos (Vera, 2016; Toledo-Aguilar *et al.*, 2016).

## **Proceso de formación de líneas**

En el caso de especies alógamas y autógamas el método de mejoramiento mediante la descendencia de un solo fruto tiene factibilidad ya que este método, según Ferh (1991), es modificación del método original propuesto por Goulden en 1941 de descendencia de una sola semilla. La ventaja de este método radica en el incremento rápido del nivel de endogamia en individuos derivados de poblaciones segregantes, como es el caso del chile en sus poblaciones locales o criollas con gran variabilidad. Además, otra de las bondades de este método es que permite su aplicación a ambientes distintos para el cual se desea obtener las variedades. El resultado de este esquema brinda la obtención de líneas derivadas que disienten entre ellas, pero con una uniformidad dentro de las

mismas. A continuación, se describe el proceso para la aplicación del método y la obtención de líneas.

**Cuadro 1. Proceso de formación y obtención de líneas.**

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

# **CAPITULO I. LAS LÍNEAS DERIVADAS DE UNA POBLACIÓN CRIOLLA SOBRESALIENTE DE CHILE POBLANO TIENEN POTENCIAL PARA USARSE COMO VARIEDADES MEJORADAS**

Ignacio González Alonso

## **1.1 RESUMEN**

Existe una alta variación en características de planta, fruto y rendimiento en líneas derivadas de poblaciones criollas de Chile Poblano (*Capsicum annuum* L.); sin embargo, no existe información que demuestre el potencial agronómico de líneas endogámicas sobresalientes en este cultivo para ser utilizadas como variedades mejoradas. El objetivo del presente estudio fue demostrar que líneas derivadas de Chile Poblano criollo tienen potencial, de acuerdo a sus características agronómicas, para usarse como variedades mejoradas. Se evaluaron 55 líneas endogámicas S<sub>3</sub>, 6 líneas S<sub>5</sub>, así como los genotipos originales y un híbrido comercial como testigos, en tres localidades de la región de la Sierra Nevada, en el estado de Puebla, mediante un diseño experimental de látice simple 8 x 8. Se registraron datos de variables vegetativas, días a floración, de fruto y su rendimiento. Se encontraron diferencias estadísticas en todas las variables evaluadas por efecto de las localidades, así como por efecto de los genotipos, detectándose diferencias (DMS, 0.05) en el rendimiento entre las líneas y genotipos originales con respecto al híbrido comercial. Las líneas 02-172, 02-217 y 11-111 presentaron buen comportamiento en su rendimiento, con una fluctuación de 1.57 a 2.22 t ha<sup>-1</sup> de Chile seco entre ambientes. En conclusión, existen líneas sobresalientes por sus variables de características vegetativas, de fruto, días a floración y rendimiento, además de un buen comportamiento entre ambientes en comparación con el híbrido comercial y los genotipos originales, lo que les confiere el potencial para ser utilizadas como variedades mejoradas de Chile Poblano.

**Palabras clave:** *Capsicum annuum* L., líneas, mejoramiento, rendimiento, variedad.

## 1.2 ABSTRACT

There is a high variation in plant, fruit and yield characteristics in inbred lines derived from landrace populations of Poblano peppers (*Capsicum annuum* L.); however, there is no information that demonstrates the agronomic potential of outstanding inbred lines in this crop to be used as improved varieties. The objective of the present study was to demonstrate that lines derived from landrace Poblano pepper have potential to be used as improved varieties. A total of 55 S<sub>3</sub> inbred lines, 6 S<sub>5</sub> lines, as well as the original genotypes and a commercial hybrid as controls were evaluated in three localities in the Sierra Nevada region of Puebla, using an experimental design of a simple 8 x 8 lattice. Data on vegetative, fruit, days to flowering and yield variables were recorded. Statistical differences were found in all the evaluated variables due to the effect of the localities, as well as the effect of the genotypes, where, differences (DMS, 0.05) in the yield between the outstanding lines in yield and original genotypes with respect to the commercial hybrid were found. Lines 02-172, 02-217 and 11-111 showed good yield performance, with a fluctuation of 1.57 to 2.22 t ha<sup>-1</sup> of dry pepper between environments. In conclusion, there are outstanding lines for their variables of vegetative, fruit, days to flowering and yield characteristics, as well as a good behavior between environments compared to the commercial hybrid and the original genotypes, which gives them the potential to be used as improved varieties of Poblano peppers.

**Keywords:** *Capsicum annuum* L., lines, improvement, yield, variety.

### 1.3 INTRODUCCIÓN

México se ubica dentro de los principales productores de chile verde y seco a nivel mundial, pues en el año 2019 ocupó el lugar 15 en cuanto a producción de chile seco y aportó el 1.3 % del total de la producción (FAOSTAT, 2019). En este mismo año, ocupó el segundo lugar en producción de chile verde, aportando el 5.6 % global (FAOSTAT, 2019). El rendimiento de chile seco se situó en el lugar 37, con 1.9 t ha<sup>-1</sup> y en chile verde en el lugar 49, con 21.6 t ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2019). Sin embargo, pese a la importancia del chile en México, los rendimientos son bajos en comparación con otros países, por lo que es necesario aumentarlos para ser competitivos. Pérez-Castañeda *et al.* (2015) mencionan que el mejoramiento genético es una alternativa comprobada para resolver problemas y aumentar los rendimientos y la producción de chile.

En el cultivo de chile se aplican comúnmente métodos de mejoramiento genético como la formación de líneas puras, selección masal, estratificada recurrente y el método pedigree o genealógico y retrocruzas (Ramírez-Meraz y Méndez-Aguilar, 2018). No obstante, de acuerdo a Luna y Vásquez (1996), en México el principal método de mejoramiento en *Capsicum* es la introducción y selección de líneas puras y la hibridación.

Actualmente, en México sólo se han registrado 41 variedades mejoradas de chile y de éstas únicamente tres son del tipo “Poblano” o “Mulato” (SNICS, 2021). Así mismo, el INIFAP (2011) remarca que las variedades mejoradas por transnacionales tienen costos altos, que van de \$ 9,000 a \$ 20,000 por 50,000 semillas, y algunas de chiles híbridos llegan a costar aún más, alcanzando precios de \$ 1,000 a \$ 1,200 dólares por millar, las cuales en su mayoría son importadas (Aguirre-Mancilla *et al.*, 2017). Con lo anterior se evidencia una falta de materiales mejorados que apoyen al aumento de la producción y que sean de costos más accesibles para los productores de chile Poblano.

Uno de los métodos de mejoramiento que muy poco se ha utilizado en chile es el método de descendencia de un solo Fruto (MDSF), modificación del método

de descendencia de una vaina (Fehr, 1991), y que ha sido adecuado para aprovechar poblaciones criollas y formar líneas endogámicas. Los resultados de Herrera (2016) constituyen la única fuente de información del (MDSF) aplicado en Chile Poblano y encontró efectividad del método bajo la selección de líneas sobresalientes en características fenológicas, vegetativas y de rendimiento.

El aprovechamiento de líneas como variedades mejoradas es más común en otros cultivos. En frijol se encontraron líneas sobresalientes en rendimiento en condiciones de estrés por sequía, las cuales se recomiendan como alternativas en la producción y líneas progenitoras para el mejoramiento genético (Chaves-Barrales *et al.*, 2017). También, Ramírez-Vásquez *et al.* (2017) evaluaron líneas candidatas a nuevas variedades en trigo, encontrando alto avance en rendimiento, menos susceptibilidad a enfermedades y más amplia adaptabilidad. Díaz *et al.* (2017) encontraron líneas sobresalientes en cuanto a rendimiento y sus componentes en arroz, recomendándolas para su validación como variedades mejoradas. En *Capsicum annum* L, Segovia-Lerma y Romero-Mosqueda (2014) encontraron líneas más rendidoras y uniformes en fruto, recomendando su evaluación comercial. Herrera (2016) identificó líneas S<sub>3</sub> sobresalientes en características de rendimiento, fenológicas, vegetativas y de fruto en Chile Poblano, pero sin considerarlas como una alternativa para los productores. Santiago-López *et al.* (2018) utilizaron líneas avanzadas de Chile Ancho en la generación de un híbrido para el altiplano de México. A la fecha la formación de híbridos es la forma más común en la utilización de líneas sobresalientes en el género *Capsicum*.

Pese a que Chile se considera una especie autógama (Berke, 2008), puesto que mantiene un porcentaje alto de autofecundación (Pedro-Huaman *et al.*, 2021), se ha encontrado gran diversidad genética a nivel molecular, pues el 89 % de esta variación total se encuentra dentro de las poblaciones y sólo el 10 % entre ellas, por lo que es recomendable la aplicación de un programa de mejoramiento por selección recurrente para el aprovechamiento de Chile Poblano (Contreras *et al.*, 2011). Así mismo, se han identificado poblaciones criollas con

alto potencial en rendimiento (Toledo-Aguilar *et al.*, 2011) y se ha considerado que la aplicación de métodos de mejoramiento genético puede ayudar en la solución a la baja producción en chile Poblano.

En cuanto a la baja competitividad de México en la producción de chile a nivel mundial, pueden estar influyendo diversos factores. Entre ellos puede estar la falta de variedades mejoradas, los altos costos de semillas mejoradas, el poco aprovechamiento del potencial de poblaciones criollas en chile Poblano y la nula información sobre líneas mejoradas de chile Poblano y su utilización como variedades mejoradas de acuerdo a su potencial agronómico. Por lo anterior, en este estudio el objetivo fue conocer el potencial de rendimiento, días a floración, características vegetativas y de fruto en líneas sobresalientes para considerar la posibilidad de que sean utilizadas como variedades mejoradas comerciales en chile Poblano.

## **1.4 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1.4.1 Material genético**

En el año 2010 se identificaron dos poblaciones criollas sobresalientes de chile Poblano, la 02 y 11, de donde se derivaron 55 líneas S<sub>3</sub> de la primera y seis líneas S<sub>5</sub> de la segunda a través del método de descendencia de un solo fruto, mismas que se utilizaron en este estudio. Se utilizaron como testigos a los genotipos originales (CHo2 y CHo11) y al híbrido comercial “Capulín” de la empresa Semillas Harris Moran Mexicana, S.A de C.V. (Querétaro, México).

### **1.4.2 Obtención de plántula**

La siembra se llevó a cabo el 27 de febrero del 2020 en contenedores de unicel con 200 cavidades. Para la preparación del sustrato se utilizó abono orgánico Solep® (abono orgánico comercializado por la empresa Soluciones Ecológicas de Puebla, México) y turba (Peat moss®) en una proporción de 1:1. Los contenedores se envolvieron con plástico y se colocaron dentro de un invernadero para obtener las plántulas. A los 12 días que emergieron las plántulas se aplicó diariamente fertilizante foliar con la fórmula base de 20-5-5 a una dosis de 1.5 g L<sup>-1</sup>. También se aplicaron micronutrientes con el producto Ultrasol Micro Mix® (complejo de micro-nutrientes quelatados con 5 % Fe, 3.7 % Mn, 0.4 % B, 0.6 % Zn, 0.3 % Cu y 0.2 % Mo), a dosis de 1.0 g L<sup>-1</sup> de agua.

### **1.4.3 Localización de parcelas, diseño y unidad experimental**

El estudio se condujo en campo en el año 2020 en parcelas de productores en la región de la Sierra Nevada de Puebla, México. Las parcelas se ubicaron en: 1) San Juan Tlautla, Cholula, con coordenadas 19° 05´ N y 98° 21´ O, donde predomina el clima tipo templado subhúmedo con lluvias en verano y suelo de tipo Vertisol, a una altitud de 2,196 msnm; 2) San Lorenzo Chautzingo, con coordenadas 19° 13´ N y 98° 28´ O, donde predomina el clima tipo templado subhúmedo con lluvias en verano y suelo de tipo Arenosol, a una altitud de 2,384 msnm y 3) San Felipe Teotlancingo, con coordenadas 19° 13´ N y a 98° 30´ O,

donde predomina el clima tipo templado y semifrío subhúmedo con lluvias en verano y suelo dominante Pheozem, a una altitud de 2,448 msnm (INEGI, 2009). Los genotipos en estudio se establecieron en un diseño experimental de látice 8 x 8 con dos repeticiones en cada localidad y la unidad experimental consistió en 16 plantas separadas a 0.30 m en un surco de 0.80 cm de ancho y 4.9 m de largo.

#### **1.4.4 Manejo agronómico**

El trasplante se realizó a los 51 días después de la siembra (dds) en San Lorenzo Chautzingo, a los 54 en San Juan Tlautla y a los 56 en San Felipe Teotlancingo. Esta práctica consistió en colocar dos plantas por mata con la finalidad de dejar una que se desarrolló durante todo el ciclo. Se aplicó riego después de la labor de trasplante, también se aplicaron riegos de auxilio tipo rodado de acuerdo con las condiciones del temporal y disponibilidad del agricultor cooperante. En las tres localidades se aplicó una fórmula base de 140 N-80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-00 K<sub>2</sub>O. Los fertilizantes comerciales para abastecer la fórmula fueron: urea y fosfato diamónico. Se aplicó el 100 % del fósforo y la mitad del nitrógeno 10 días después del trasplante y la otra mitad del N a los 19 días después de la primera aplicación. El control de insectos plaga como la mosquita blanca (*Bemisia tabaco*) y áfidos se realizó con la aplicación del insecticida Karate® (lambda cyalotrina) en dosis de 1 mL L<sup>-1</sup> de agua. Para el control de enfermedades se aplicaron los fungicidas Tecto® (Tiabendazol) y Ridomil® (Metalaxil-M) en dosis de 3 g L<sup>-1</sup> y 1 mL L<sup>-1</sup> de agua, respectivamente.

#### **1.4.5 Variables evaluadas**

El registro de los caracteres evaluados se realizó de acuerdo con el manual de descriptores para *Capsicum* del IPGRI (1995), como se describe a continuación: días a 50 % de floración, altura de planta en cm, ancho de planta en cm, longitud de tallo en cm, diámetro del tallo en mm, número de bifurcaciones en planta, longitud de fruto en cm, ancho de fruto en cm, espesor

del pericarpio en mm y profundidad de inserción del pedúnculo en cm, así como rendimiento de fruto seco por hectárea en toneladas.

Además, también se consideraron las variables de: índice largo y ancho de planta (ILYP) e índice largo y ancho de fruto (ILYAF), los cuales se obtuvieron a partir de las siguientes fórmulas:

$$ILYP = \frac{ALP}{ANP} \quad , \quad ILYAF = \frac{LFR}{AFR}$$

Donde:

ALP: altura de planta (cm), ANP: ancho de planta (cm), LFR: longitud de fruto (cm) y, AFR: ancho de fruto (cm).

El rendimiento de fruto seco por hectárea (RFRSHa) resultó de aplicar la fórmula;

$$RFRSHa = \frac{RFRSPi}{1000} \times 41,667$$

Donde:

RFRSHa: rendimiento de fruto seco por hectárea (t ha<sup>-1</sup>) y RFRSPi: rendimiento de fruto seco por planta (g).

41,667 plantas ha<sup>-1</sup> (densidad de población utilizada en los experimentos).

#### **1.4.6 Análisis estadístico**

Se realizó análisis de varianza combinado a través de localidades por medio del procedimiento GLM de SAS. Para identificar las líneas sobresalientes en rendimiento, las características vegetativas, de fruto y días a floración se realizó una comparación de medias mediante la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS, P ≤ 0.05). Los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2013).

Se evaluó el comportamiento de estabilidad y selección de líneas mediante el modelo propuesto por Muñoz (1990). Este modelo consiste en la selección de

variedades aplicando un análisis combinado, donde se detecta el rendimiento promedio de las variedades sometidas a diferentes ambientes, para posteriormente elegir las más sobresalientes. En una segunda fase se elaboró una gráfica de los genotipos sobresalientes y testigos para observar el comportamiento a través de localidades y así identificar las de menor interacción con el ambiente.

## 1.5 RESULTADOS

### 1.5.1 Efecto de localidades, genotipos y la interacción genotipo x ambiente

En el Cuadro 2 se reporta el resultado del análisis de varianza combinado sobre las variables registradas. Las características evaluadas mostraron diferente grado de significancia por efecto de las localidades, genotipos y la interacción genotipo x ambiente, siendo las características vegetativas con más significancia en los tres factores, mientras que rendimiento de fruto seco sólo mostró significancia estadística ( $P \leq 0.01$  %) por efecto de localidades.

Las variables vegetativas: altura y ancho de planta, longitud de tallo, diámetro del tallo y número de bifurcaciones en plantas, así como las de fruto: longitud, ancho, espesor del pericarpio, profundidad de inserción del pedúnculo y rendimiento por hectárea y días en alcanzar el 50 % de la floración, presentaron significancia estadística ( $P \leq 0.01$  %) entre localidades. Además, por efecto de los genotipos las características de planta: altura, ancho, longitud de tallo, diámetro de tallo, número de bifurcaciones y las características de fruto: longitud, ancho y profundidad de cajete mostraron significancia estadística ( $P \leq 0.01$  %). Finalmente, la interacción genotipo x ambiente sólo fue significativa ( $P \leq 0.01$  %) para las variables altura de planta, número de bifurcaciones, longitud de fruto y ancho de fruto.

Considerando lo anterior, los resultados indican que existió variación en las características vegetativas, de fruto y rendimiento por efecto de localidades, además de diferencias estadísticas de las características vegetativas y de fruto entre genotipos y un efecto significativo en caracteres vegetativos y de fruto por la interacción genotipo x ambiente. Con base en ellos, se genera una amplia gama de posibilidades para la elección de genotipos de acuerdo con el interés agronómico, principalmente vegetativos y de fruto, para proponerlos como variedades mejoradas, según el ambiente de producción.

**Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para las variables estudiadas.**

Variables	Loc	Gen	Gen x Loc	Error	CV (%)
Días a floración	13,340.75 **	30.77 NS	16.38 NS	13.06	7.76
Altura de planta (cm)	12,778.64 **	145.49 **	59.88 **	26.48	10.34
Ancho de planta (cm)	6,815.59 **	99.27 **	67.71 *	30.04	15.39
Índice largo y ancho de planta	0.55 **	0.11 **	0.04 **	0.013	8.09
Longitud de tallo (mm)	1,243.67 **	36.34 **	11.00 *	4.89	10.54
Diámetro de tallo (mm)	447.33 **	2.78 **	1.39 NS	20.22	11.20
Número de bifurcaciones	18.46 **	0.66 **	0.40 **	0.10	7.52
Número de frutos por planta	80.74 **	43.40 **	15.00 NS	0.27	13.12
Longitud de fruto (cm)	7.97 **	6.35 **	1.56 **	1.10	14.29
Ancho de fruto (cm)	8.74 **	1.02 **	0.41 **	0.18	10.92
Índice largo y ancho de fruto	0.66 **	0.48 **	0.09 NS	0.06	13.94
Espesor de pericarpio (mm)	0.29 **	0.04 NS	0.03 NS	0.02	18.79
Profundidad de cajete en fruto (mm)	24.97 **	22.06 **	3.50 NS	2.17	21.66
Rendimiento de fruto seco (t ha <sup>-1</sup> )	10.46 **	0.51 NS	0.47 NS	0.28	36.01
Grados de libertad	2	63	63	383	

Loc: Localidades, Gen: Genotipos, Gen x Loc: Genotipos x localidades, CV: Coeficiente de Variación. \*\* Significancia estadística  $P \leq 0.01$  %, \* Significancia estadística  $P \leq 0.05$  %, NS: No significativo

### 1.5.2 Características vegetativas

En el Cuadro 3 se muestra la comparación de medias de las variables registradas para las 12 líneas más sobresalientes en rendimiento, los genotipos originales y el híbrido comercial. Se encontró que en la variable de rendimiento existen diferencias significativas entre las líneas y genotipos originales contra el híbrido comercial, además de que los diferentes componentes de rendimiento como largo y ancho de fruto son muy variables en todas las líneas.

**Cuadro 3. Líneas sobresalientes en rendimiento con su comparación de medias sobre caracteres de fruto en comparación a los testigos.**

Genotipos	RHA (t ha <sup>-1</sup> )	LFR (cm)	AFR (cm)	ILAF	EPEF (mm)	PCF (mm)
02-293	2.16 a <sup>z</sup>	7.72 b	4.07 c	1.90 d	0.28 b	8.67 a
02-039	2.15 a	7.02 b	4.01 c	1.75 d	0.27 b	8.48 b
11-111	2.02 a	8.74 a	4.75 a	1.87 d	0.27 b	9.85 a
02-217	2.00 a	5.77 c	3.51 d	1.65 e	0.26 c	4.35 d
02-337	1.98 a	9.35 a	4.13 c	2.27 c	0.28 b	7.07 b
02-257	1.83 a	8.64 a	4.23 b	2.06 c	0.29 b	6.80 b
02-337	1.83 a	7.02 b	4.01 c	1.76 d	0.24 c	8.54 b
02-170	1.81 a	8.85 a	5.20 a	1.73 d	0.28 b	7.63 b
02-058	1.80 a	9.53 a	4.55 b	2.11 c	0.28 b	9.40 a
02-011	1.78 a	8.25 b	4.14 c	2.00 c	0.29 b	6.04 c
02-167	1.78 a	8.32 a	4.17 b	2.01 c	0.25 c	8.77 c
02-275	1.74 a	6.15 c	3.60 d	1.72 d	0.29 b	3.74 d
Original 02	1.74 a	7.32 b	3.91 c	1.88 d	0.27 b	5.72 c
Original 11	1.71 a	8.37 a	4.21 b	1.99 c	0.30 b	7.15 b
Híbrido	1.31 b	8.43 a	4.50 a	1.89 d	0.34 a	9.29 a
DMS <sub>0.05</sub>	0.64	1.25	0.52	0.31	0.06	1.77

<sup>z</sup> Medias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes (DMS, 5 %). RHA: Rendimiento por hectárea, LFR: Longitud de fruto, AFR: Ancho de fruto, ILAF: Índice largo y ancho de fruto, EPEF: Espesor de pericarpio, PCF: Profundidad de cajete de fruto.

Por ejemplo, el rendimiento obtenido por hectárea de la mejor línea (02-293) fue en promedio de 2.16 t ha<sup>-1</sup>, que representa 0.85 t ha<sup>-1</sup> (40 %) arriba que el híbrido comercial y 0.44 t ha<sup>-1</sup> (20 %) por encima de los genotipos originales. En la variable largo de fruto se observaron seis grupos (representados por letras) estadísticamente distintos, en la variable ancho de fruto se formaron siete grupos

distintos y en la profundidad de cajete siete grupos. Los resultados indican que existen líneas con alto potencial en rendimiento por hectárea, muy superiores al híbrido comercial y a los genotipos originales, además de que existe una gran variabilidad entre los componentes de rendimiento en todas las líneas evaluadas, lo que demuestra que existen líneas con alto potencial de rendimiento y variación en sus componentes de rendimiento que pueden utilizarse de acuerdo al interés agronómico como variedades mejoradas.

### **1.5.3 Componentes del rendimiento**

En el Cuadro 4 se muestran los resultados de la comparación de medias de las variables vegetativas en las líneas sobresalientes en rendimiento, híbrido comercial y los genotipos originales. Se encontraron diferencias estadísticas en todas las variables vegetativas, lo que demuestra una amplia variación en altura y ancho de planta, diámetro de tallo y número de bifurcaciones en todas las líneas. Se observó que existen líneas más vigorosas que poseen mejores características vegetativas en comparación al híbrido comercial. Por ejemplo, las líneas sobresalientes en rendimiento tuvieron una altura promedio de 50.39 cm siendo significativamente diferentes al híbrido comercial, que midió 47.57 cm, y a los genotipos originales con promedio de 53.84 cm. En ancho de planta, el promedio de las líneas fue de 36.67 cm, en comparación con el híbrido comercial con 32.22 cm y los genotipos originales con promedio de 37.11 cm, mostrando significancia estadística entre ellas; también la longitud de tallo mostró significancia con un promedio en las líneas de 21.59 cm, en los genotipos originales un promedio de 20.58 cm y el híbrido comercial un promedio de 18.08 cm. Los resultados indicaron la variabilidad entre las características vegetativas de las líneas sobresalientes en rendimiento comparadas con el híbrido comercial y genotipos originales, además de que los valores en altura y ancho de planta y longitud de tallo mostraron la existencia de líneas más vigorosas y rendidoras que los testigos, lo que abre la posibilidad para seleccionar de manera directa variedades mejoradas.

**Cuadro 4. Líneas sobresalientes en rendimiento y su comparación de medias de las variables vegetativas en comparación a los testigos.**

Genotipos	ALT (cm)	ANP (cm)	LTA (cm)	ILAP	DTA (mm)	NBI
02-293	50.00 b <sup>z</sup>	36.09 b	22.25 c	1.44 d	9.28 a	4.53 b
02-039	50.12 b	38.36 b	18.55 d	1.33 e	10.19 a	4.71 a
11-111	46.53 c	35.21 b	21.53 c	1.32 e	9.94 a	4.41 b
02-217	58.77 a	39.55 a	21.55 c	1.50 c	9.29 a	4.66 a
02-337	49.56 b	34.90 b	22.74 b	1.44 d	8.59 b	4.45 b
02-257	53.27 b	38.78 b	23.64 b	1.37 d	9.49 a	4.64 a
02-337	44.30 c	36.29 b	18.68 d	1.25 e	8.83 b	4.31 b
02-170	50.35 b	30.55 c	21.99 c	1.66 b	8.02 b	3.96 c
02-058	49.64 b	31.83 c	22.97 c	1.58 c	9.05 a	4.42 b
02-011	42.17 c	37.07 b	19.38 d	1.20 f	8.12 b	4.13 c
02-167	56.73 a	40.18 a	23.31 b	1.42 d	8.46 b	4.60 b
02-275	53.30 b	41.33 a	22.51 b	1.30 e	9.10 a	4.72 a
Original 02	56.84 a	39.55 a	20.93 c	1.48 c	9.75 a	4.73 a
Original 11	50.85 b	34.68 b	20.24 c	1.50 c	8.26 b	4.27 b
Híbrido	47.57 c	32.22 c	18.08 d	1.59 c	8.80 b	4.18 c
DMS <sub>0.05</sub>	6.17	6.58	2.65	0.13	1.17	0.39

<sup>z</sup> Medias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes (DMS, 5 %). ALP: Altura de planta, ANP: Ancho de planta, LTA: Longitud de tallo, ILAP: Índice de largo y ancho de planta, DTA: Diámetro de tallo, NBI: Número de bifurcaciones.

#### 1.5.4 Días a floración

El Cuadro 5 muestra la comparación de medias de la variable días a floración en líneas sobresalientes en rendimiento, los genotipos originales y el híbrido comercial. Se observa diferencia significativa en todas las líneas, lo que resulta en variación en días para alcanzar el 50 % de la floración entre todas las líneas más sobresalientes en rendimiento, además de que el híbrido comercial mostró un valor mayor en días para alcanzar el 50 % de la floración en comparación con las líneas y genotipos originales. El promedio de días para alcanzar la floración

en las líneas sobresalientes fue de 47, mientras que en los genotipos originales fue de 49 días y en el híbrido comercial de 56 días.

**Cuadro 5. Líneas sobresalientes en rendimiento y su comparación de medias en los días en alcanzar el 50 % de floración en comparación a los testigos.**

Genotipos	DF
02-293	50.83 b <sup>z</sup>
02-039	45.00 c
11-111	50.00 b
02-217	46.17 c
02-337	48.17 b
02-257	49.67 b
02-337	47.00 c
02-170	49.83 b
02-058	49.17 b
02-011	44.17 c
02-167	48.33 b
02-275	45.17 c
Original 02	49.50 b
Original 11	48.33 b
Híbrido	56.17 a
DMS 0.05	4.49

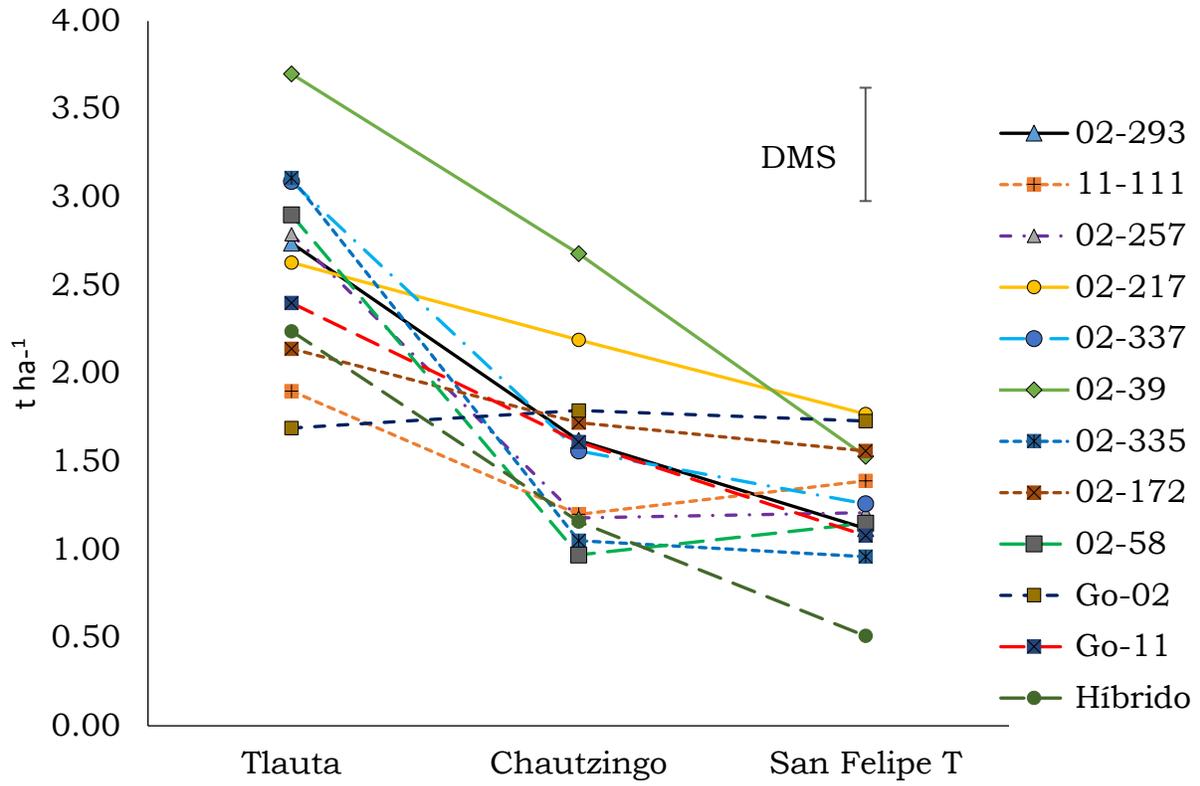
<sup>z</sup> Medias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes (DMS, 5 %). DF: Días a floración.

Los resultados obtenidos muestran variación entre las líneas sobresalientes en rendimiento, también que las líneas sobresalientes se mostraron más precoces en comparación con el híbrido comercial y los genotipos originales, lo que confiere ventajas adicionales en su posible uso como variedades mejoradas.

### **1.5.5 Comportamiento de estabilidad y selección de líneas**

En la Figura 1 se observan nueve líneas sobresalientes en rendimiento, el híbrido comercial y los genotipos originales, con sus comportamientos de rendimiento y su interacción en los ambientes sometidos. Al respecto conviene decir que existen líneas que tienen buen comportamiento entre ambientes. En la mayoría de genotipos la mayor expresión del rendimiento se mostró en la localidad de San Juan Tlautla, seguido de San Lorenzo Chautzingo y menor expresión en San Felipe Teotlancingo. La línea 02-39 es la de mayor interacción, presentando alta expresión en la localidad de San Juan Tlautla con hasta 3.70 t ha<sup>-1</sup> pero con un comportamiento inestable entre ambientes reduciendo su rendimiento hasta en 1.53 t ha<sup>-1</sup> en la localidad de San Felipe Teotlancingo; las líneas 02-172, 02-217 y 11-111 se mostraron con menos interacción en las tres localidades de evaluación tendiendo un mejor comportamiento en comparación a los testigos.

En general, los resultados indican que existen líneas que tienen una mejor expresión productiva en ambientes particulares y otras con poca interacción en diferentes ambientes mostrando un rendimiento invariable, pero que a pesar de la disminución del rendimiento aún superan al híbrido comercial, por lo que tales líneas tienen méritos suficientes para ser propuestas como variedades mejoradas.



Go: Genotipo original.  $DMS_{0.05} = 0.643$

**Figura 1. Comportamiento del rendimiento en líneas sobresalientes, híbrido comercial y variedades originales en tres localidades.**

## 1.6 DISCUSIÓN

En la información generada del análisis combinado se encontró que existe una amplia diferencia estadística en todas las características evaluadas entre localidades, además de diferencias significativas en las características vegetativas y de fruto entre genotipos y un efecto no significativo en la mitad de caracteres por la interacción genotipo x ambiente. Lo anterior se explica con base en los siguientes aspectos:

a) Aunque Chile se considera una especie autógama (Berke, 2008), y en concordancia con Pedro-Huaman *et al.* (2021), en ésta especie se ha encontrado un porcentaje de polinización cruzada de forma natural de 7 a 90 % (Djian-Caporalino *et al.*, 2006), variando de acuerdo a múltiples factores como distancia entre plantas, vegetación, insectos polinizadores y viento (Pozo, 1983). Este comportamiento de libre cruzamiento conduce a la fijación de nuevas características en esta especie y se dé una amplia diversidad, como lo encontrado en especies silvestres de Chile de *C. annum var. glabriusculum* y *C. frutescens*, donde se presentó amplia diversidad morfológica en caracteres de fruto y hoja (Narez-Jiménez *et al.*, 2014). En *Capsicum pubescens*, Escalera-Ordaz *et al.* (2019) evaluaron variedades cultivadas encontrando amplia variabilidad atribuida a caracteres de fruto y arquitectura de planta. Además, en poblaciones nativas de Chile Poblano se encontró diversidad genética en características de planta, fruto y rendimiento (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016). Por lo anterior, la variación significativa encontrada en caracteres de Chile concuerda con la información generada en este estudio.

b) El método de descendencia de un solo fruto, del cual se derivaron las líneas para éste estudio, tiene las bondades de crear una rápida endogamia partiendo de poblaciones variables como el caso de Chile y su aplicación se puede llevar a cabo en diferentes ambientes teniendo como resultado un incremento rápido del nivel de endogamia y un proceso de mejoramiento acelerado. Por tanto, con este método se obtienen líneas derivadas diferentes entre ellas, pero con una

uniformidad dentro de las mimas. Lo anterior coincide con lo encontrado por Herrera (2015), quien evaluó líneas derivadas de poblaciones nativas bajo este método de mejoramiento, encontrando alta variabilidad en características fenotípicas, atribuyéndolo a sus poblaciones originales. Por lo anterior y por lo encontrado en la información de este estudio se atribuye que la efectividad del método de descendencia de un solo fruto se refleja en la variabilidad en caracteres vegetativos y de fruto entre genotipos y entre ambientes.

c) Las diferentes condiciones ambientales afectan la expresión del genotipo, lo que se conoce como el fenómeno llamado interacción genotipo por ambiente (López-Guzmán *et al.*, 2018). Esta interacción es más frecuente en caracteres de tipo cuantitativo, lo que refleja información indispensable para identificar genotipos estables en rendimiento o caracteres de interés (Lule *et al.*, 2014). García-Mendoza *et al.* (2021) mencionan que esta interacción es un obstáculo para seleccionar genotipos para diversos ambientes. Sin embargo, la interacción genotipo por ambiente en *Capsicum annum* L. influye más en caracteres de largo y peso de fruto y en la altura de planta, debiéndose a las diferencias genéticas y condiciones ambientales del lugar (Ix-Nahuat *et al.*, 2013). La información obtenida de este estudio, concuerda con la de estos últimos autores mencionados donde se presentó interacción genotipo x ambiente en caracteres vegetativos y de fruto, pero sin interacción en rendimiento. Por tanto, en donde no se encontró variación, da la posibilidad de escoger líneas más estables, particularmente en la característica de rendimiento, posibilitando su elección como variedades mejoradas para diferentes ambientes de una misma región.

Los componentes del rendimiento (características de fruto) de todas las líneas sobresalientes en rendimiento, genotipos originales e híbrido comercial presentaron variación. En estudios previos se ha encontrado que la longitud de fruto es una característica que genera variabilidad genética (Ramírez-Novoa *et al.*, 2018), también que se asocia a un mayor peso de fruto y, por tanto, más rendimiento (Reyes-Pérez *et al.*, 2017). El ancho de fruto se relaciona al peso y al volumen del fruto, por lo que su valor también se relaciona al rendimiento

(Montaño-Mata y Belisario-Ramos 2012). Tales relaciones no se observaron en esta investigación, ya que en rendimiento no se encontró diferencia estadística entre las líneas sobresalientes; sin embargo, lo más relevante es que existen líneas que si superan estadísticamente al híbrido comercial y que presentan variación en tamaño de fruto, lo que posibilita la elección de acuerdo a los intereses agronómicos para utilizarse como variedades mejoradas.

En el caso del grosor del pericarpio se ha encontrado que esta característica se relaciona al peso de fruto y que es importante en la demanda de los consumidores en su elección de frutos gruesos y vistosos (Escalera-Ordaz *et al.*, 2019). No obstante, Naegele *et al.* (2016) encontraron que a mayor pericarpio en frutos de *Capsicum annuum* mayor susceptibilidad a pudrición de fruto por *Phytophthora capsici*, de ahí la importancia en programas de mejoramiento genético. Por lo tanto, el encontrar líneas sobresalientes en rendimiento, con variación en el pericarpio, abre la posibilidad de su selección como variedades mejoradas de acuerdo al interés inmediato en su comercialización de frutos o en la continuidad en programas de mejoramiento genético para formar híbridos.

La variable del índice largo por ancho de fruto se refiere a la forma del mismo, entre mayor sea el valor de este índice, más alargado es el fruto. Pese a que no se encontró información sobre estudios relacionados a esta variable en Chile Poblano, la disponibilidad de variación en este carácter supone la elección del cultivar de acuerdo al interés comercial o agronómico para su utilización como variedad mejorada.

La profundidad de inserción del pedúnculo denota su importancia en la profundidad del cajete; cuando es muy profundo la humedad por lluvias se mantiene en esta parte ocasionando la presencia de hongos, los cuales ocasionan pudrición y disminuyen la calidad de fruto (Gomide *et al.*, 2008). En la información obtenida de este estudio se encontraron diez líneas sobresalientes en rendimiento, con un cajete menor al del híbrido comercial y en dos un cajete

menor al de los genotipos originales, lo que confiere potencial en su utilización como variedades mejoradas con menor profundidad de cajete.

Las características vegetativas de las líneas sobresalientes, genotipos originales e híbrido comercial presentaron diferencias estadísticas. Al respecto conviene decir que en Chile algunas de las características vegetativas de importancia son: altura y ancho de planta, ya que al tener plantas medianas en porte y compactas son mejores para cultivarlas en campo abierto (Pecha-May *et al.*, 2010). Moreno-Pérez *et al.* (2011) mencionan que entre más compactas y más cerradas sean las plantas en *Capsicum annuum* L. se aumenta la densidad de población y por ende la producción. Además, la altura de planta se asocia a la respuesta productiva (Law-Osbomo, 2010). Un mayor diámetro de tallo según Bahana-Delgado *et al.* (2012) aporta mayor resistencia a daños mecánicos por manejo o vientos. También, diámetro de tallo, según Elizondo-Cabalceta y Monge-Pérez (2016), conlleva a una mejor capacidad para soportar peso de órganos como ramas, flores y frutos. La longitud del tallo influye en la exposición de las ramas y frutos al contacto con el suelo (Herrera 2015), lo que puede inferir en la calidad de frutos o presencia de enfermedades. Las bifurcaciones en *Capsicum annuum* L. por su parte, producen flores donde se formarán frutos (Moreno-Pérez *et al.*, 2019). El índice de largo y ancho de planta indica la forma de la arquitectura de la planta; un mayor valor indica que es una planta alta, pero compacta; en estudios de Chile Poblano no se ha documentado este valor, pero el conocerlo puede generar una fácil elección del cultivar. Por lo anterior, la variabilidad encontrada en las líneas sobresalientes en sus diferentes características vegetativas, permite la selección de diferentes arquetipos de plantas de acuerdo al interés agronómico o genético. Como mencionan Elizondo-Cabalceta y Monge-Pérez (2017), la caracterización morfológica en genotipos de *Capsicum annum* genera información prominente para los productores y fitomejoradores en su elección de cultivares, según el mercado y dirección de la producción en cuanto a calidad y demás características.

En la información generada en este estudio sobre la comparación de medias en la característica días a floración se encontró variación entre las líneas sobresalientes en rendimiento; además, estas líneas se mostraron más precoces en comparación con el híbrido comercial y los genotipos originales. Al respecto, se afirma que la identificación de poblaciones con mayor precocidad se asocia con un mayor rendimiento; en el caso de Chile Poblano no fue la excepción. Un mayor rendimiento se obtuvo en poblaciones criollas consideradas precoces en Chile Poblano (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016). Silva *et al.* (2013), evaluando cultivares de (*Capsicum annuum* L.), encontraron una relación entre mayor precocidad con mayor número de frutos. La precocidad, además, suma oportunidad de completar los ciclos de producción agrícola; cuando se tienen variedades precoces se evita la pérdida de rendimiento por periodos de humedad cortos o de sequía terminal (Ramírez *et al.*, 2016), lo que resulta en la obtención de una mayor productividad (Zilio *et al.*, 2013). Lo mismo ocurre en otros cultivos. En frijol se encontraron dos variedades precoces sometidas a seis ambientes diferentes, mostrando menor días a floración que la variedad comercial y que a su vez la superaron en rendimiento (Tosquy-Valle *et al.*, 2018); así mismo, García-Rodríguez *et al.* (2017) identificaron genotipos de soya sometidos a diferentes ambientes con características de precoces, intermedias y tardías, donde estas últimas mostraron mayor disminución en el rendimiento. Partiendo de lo anterior, se corrobora que las líneas sobresalientes en rendimiento presentaron menos días en alcanzar la floración; por ejemplo, la línea 02-011 tuvo un adelanto de floración de hasta 11 días en comparación con el híbrido comercial. En el caso de Chile Poblano, al acortar los ciclos de producción en valles altos, los cultivos se libran de condiciones desfavorables como heladas tempranas y bajas temperaturas que limiten su desarrollo. Por lo anterior, la disponibilidad de líneas sobresalientes en rendimiento con características de precocidad en Chile Poblano abre la oportunidad de elección de cultivares con potencial productivo y capacidad de resiliencia ante condiciones desfavorables.

En la información generada sobre el comportamiento de las líneas en tres ambientes se encontraron líneas con menor interacción en los ambientes de prueba y que en el caso de una mayor interacción a consecuencia de un menor rendimiento aún se superó al híbrido comercial. Al respecto, es necesario considerar que el efecto del ambiente en el rendimiento es más estudiado en otros cultivos como maíz, donde Canales-Islas *et al.* (2016) encontraron que la interacción de genotipos con el ambiente resulta en la estabilidad del cultivo y que una mejor estabilidad y mayor rendimiento definió la elección de diferentes genotipos para uso científico y comercial. Además, en el cultivo de papa se identificaron genotipos con amplia estabilidad y adaptabilidad sometidos a diferentes ambientes favorables, encontrando un genotipo que reunía varias características y con un rendimiento superior, lo que le confirió ser una opción como variedad (Vázquez *et al.*, 2019). En Chile Poblano se sometieron poblaciones criollas a tres ambientes diferentes para conocer su comportamiento en el rendimiento, encontrando tres variedades con mejor estabilidad, incluso mejor que el híbrido comercial recomendado en la región de la Sierra Nevada de Puebla (Toledo-Aguilar *et al.*, 2011). Lo anterior coincide con lo encontrado en este estudio en líneas como la 02-172, 02-217 y 11-111, que tienen buen comportamiento en el rendimiento en las tres localidades sometidas y que además superan al híbrido comercial. En síntesis, conocer el comportamiento del rendimiento de las variedades sometidas a diferentes ambientes permite conocer el potencial de adaptación que se tiene, proporcionando así una mejor oportunidad para aumentar la productividad de acuerdo a la elección de líneas derivadas de poblaciones criollas que pueden usarse como variedades mejoradas en una región en particular.

Finalmente, este estudio corrobora que la utilización de líneas obtenidas bajo el método de descendencia de un solo fruto, aplicado a poblaciones criollas de Chile Poblano, ha generado conocimiento sobre líneas con potencial para seleccionarse como variedades mejoradas, de acuerdo con sus diferentes características vegetativas, de fruto, días a floración y rendimiento.

Los conocimientos generados muestran la factibilidad de obtención de mejores cultivares, con líneas sobresalientes en rendimiento, vigorosas y variables en días a floración y características de fruto. Además, las líneas obtenidas pueden ser utilizadas como variedades mejoradas que den solución a la baja productividad de los agricultores y que propicien una mejor rentabilidad del cultivo con costos más accesibles en la semilla. Por tanto, este tipo de investigaciones deben ser replicadas a más poblaciones criollas autógamas con alguna proporción de entrecruzamiento, que propicie la oportunidad de crear cultivares como una opción más para los productores. Una recomendación en la continuación de este trabajo sería la formación de híbridos con las líneas más sobresalientes, esperando aumentar aún más los rendimientos y sumando así otra alternativa para los agricultores.

## **1.7 CONCLUSIONES**

Las líneas derivadas de poblaciones criollas de Chile Poblano muestran alta variación de acuerdo con sus características vegetativas, días a floración, de rendimiento y sus componentes morfológicos de fruto. Las líneas sobresalientes 02-172, 02-217 y 011-111 mostraron rendimientos superiores al híbrido comercial y a los genotipos originales, con una buena estabilidad entre localidades; por tanto, las tres líneas tienen gran potencial para ser utilizadas como variedades mejoradas, siendo una opción más para los productores de Chile Poblano.

## **CAPITULO II. EXISTE AMPLIA DIVERSIDAD EN LÍNEAS DERIVADAS DE CHILE POBLANO CRIOLLO PROPORCIONADA POR CARACTERES VEGETATIVOS Y PRODUCTIVOS**

Ignacio González Alonso

### **2.1 RESUMEN**

En Chile Poblano (*Capsicum annuum* L.), la mayor diversidad genética de las poblaciones criollas se encuentra dentro de poblaciones, misma que puede ser aprovechada aplicando métodos de selección intrapoblacional; sin embargo, aún no se tiene información sobre la diversidad morfológica en líneas derivadas de poblaciones criollas. Por lo anterior, en este estudio se plantearon los siguientes objetivos: generar conocimiento sobre la diversidad morfológica en líneas derivadas de Chile Poblano Criollo y conocer los grupos que la conforman, de acuerdo con sus características más relevantes. Se evaluaron 55 líneas S<sub>3</sub>, 6 líneas S<sub>5</sub> y tres testigos en tres localidades ubicadas en la región de la Sierra Nevada de Puebla, mediante un diseño experimental de látice simple 8 x 8. Se tomaron datos de variables vegetativas, fenológicas, de fruto y rendimiento; estas variables se sometieron a un análisis de varianza combinado, discriminando variables sin variación entre genotipos evaluados. También se aplicaron técnicas de análisis multivariado, como la de componentes principales y de conglomerados. Se encontró que cinco componentes principales explicaron el 77 % del total de la variación presente, la cual se puede atribuir principalmente a características de planta, fruto y rendimiento. Mediante el análisis de conglomerados se formaron dos grupos y tres subgrupos. Se concluye que existe una amplia variación entre líneas derivadas de Chile Poblano y que ésta variación es determinada por caracteres vegetativos y productivos, lo que corrobora la diversidad dentro de una población criolla de Chile Poblano.

**Palabras clave:** *Capsicum annuum* L., Chile Poblano, diversidad morfológica, líneas, población criolla.

## 2.2 ABSTRACT

In Poblano pepper (*Capsicum annum* L.), the greatest genetic diversity of the creole populations is found within populations, which can be exploited by applying intrapopulation selection methods; however, there is still no information on the morphological diversity in lines derived from creole populations. Therefore, in this study the following objectives were proposed: to generate knowledge about the morphological diversity in lines derived from Creole Poblano pepper and to know the groups that make it up, according to their most relevant characteristics. Fifty-five  $S_3$  lines, six  $S_5$  lines and three controls were evaluated in three localities of the Sierra Nevada region of Puebla, using an experimental design of a simple 8 x 8 lattice. Data were taken on vegetative, phenological, fruit and yield variables. These variables were subjected to a combined analysis of variance, discriminating variables without variation between evaluated genotypes. Multivariate analysis techniques were also applied, such as the principal components and conglomerates. It was found that five main components explained 77% of the total variation present, which can be attributed mainly to characteristics of the plant, fruit and yield. Through cluster analysis, two groups and three subgroups were formed. It is concluded that there is a wide variation between lines derived from Poblano pepper and that this variation is determined by vegetative and productive characters, which corroborates the diversity within a creole population of Poblano pepper.

**Key words:** *Capsicum annum* L., Poblano pepper, morphological diversity, lines, creole population.

## 2.3 INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el cultivo de chile generó \$ 10 mil millones de dólares derivados de 61.6 millones de toneladas de chile verde y seco. México se ubica dentro de los principales productores de chile en el mundo, ocupando el segundo lugar en chile verde y el 15 en chile seco (FAOSTAT, 2019). En el género *Capsicum*, de la familia Solanácea, existen cinco especies cultivadas: *C. annuum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. baccatum* (Kehie *et al.*, 2014) y cerca de 25 especies silvestres y semicultivadas (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999). López *et al.* (2016) mencionan que *C. annum* es una especie de suma relevancia en el mundo y que en México es donde se presenta la mayor diversidad de tipos; además, se confirmó por múltiples evidencias genéticas y arqueobotánicas que la domesticación de *C. annuum* ocurrió en México, particularmente en la zona noreste y centro-este del país (Kraft *et al.*, 2014).

La planta de chile se considera autógama (Acosta *et al.*, 1994; Berke, 2008), pero Djian-Caporalino *et al.* (2006) mencionan que presenta un porcentaje de polinización cruzada de 7 a 90 %. Este comportamiento en parte causa la gran diversidad morfológica encontrada en poblaciones criollas de chile (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016). En estudios moleculares de *Capsicum chinense* Jacq. López-Espinosa *et al.* (2018) encontraron que la diversidad genética se debe en un 95.5 % a la variación dentro de poblaciones y sólo 4.5 % de la variación ocurre entre ellas, mientras que en comparaciones moleculares de 21 poblaciones de chile (*Capsicum spp.*) se encontró 13 % de la variabilidad entre poblaciones y 87 % dentro de poblaciones (Gálvez *et al.*, 2021). Con lo anterior se afirma que existe una gran diversidad genética dentro de poblaciones de chile.

Dentro de poblaciones de *Capsicum* se han realizado estudios para identificar las características que más aportan a la variación y que pueden ser aprovechadas. Castellón-Martínez *et al.* (2014) encontraron que la variación fenotípica en chiles nativos de Oaxaca se debe principalmente a características de planta y fruto. En *Capsicum Chinense* Jacq. la variación fenotípica se debe

principalmente a características de tallo y frutos (Quevedo y Laurentin *et al.*, 2020), mientras que Escalera-Ordaz *et al.* (2019) mencionan que en variedades cultivadas de *Capsicum pubescens*, las características foliares y de fruto explican la mayor variación. Sin embargo, en Chile Poblano criollo se encontró que la gran variabilidad morfológica se representa en características vegetativas, reproductivas y los componentes de rendimiento (Toledo-Aguilar *et al.*, 2011).

La diversidad genética coadyuva a plantear estrategias de mejoramiento genético (Barrera-Guzmán *et al.*, 2020). El mejoramiento genético, según Pérez-Castañeda *et al.* (2015), funciona como una alternativa eficaz para resolver problemas y aumentar la producción de Chile. En Chile los métodos de mejoramiento genético más comunes son la formación de líneas puras por selección masal, estratificada recurrente y el método de pedigree o genealógico y retrocruzas (Ramírez-Meraz y Méndez-Aguilar, 2018), mientras que, en México, según Luna y Vásquez (1996), el principal método de mejoramiento en el género *Capsicum* es la introducción y selección de líneas puras y la hibridación. No obstante, a la fecha en el catálogo nacional de variedades vegetales solo se tienen registradas 41 variedades mejoradas de Chile y de éstas únicamente tres son del tipo “Poblano” o “Mulato” (SNICS, 2021).

Uno de los métodos de mejoramiento que muy poco se ha utilizado en Chile es el método de descendencia de un solo fruto (MDSF), modificación del método de descendencia de una vaina de Fehr (1991) y que ha sido adecuado para aprovechar poblaciones criollas y formar líneas endogámicas en poco tiempo; sin embargo, no existe mucha información sobre la efectividad del mismo. Además, pese a la importancia social y económica del Chile en el mundo, y en particular en México como centro de domesticación de *C. annuum*, existe poca información de la diversidad morfológica en líneas derivadas de Chile Poblano. Por lo anterior, se plantearon como objetivos el generar conocimiento sobre la diversidad morfológica en líneas derivadas de Chile Poblano criollo y conocer los grupos que la conforman de acuerdo a sus características morfológicas.

## **2.4 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.4.1 Genotipos utilizados**

Los genotipos utilizados fueron derivados de dos poblaciones criollas sobresalientes de Chile Poblano identificadas en el año 2010 (CPue-ChPo011 y CPue-ChPo002). De la variedad 002 se obtuvieron 55 líneas S<sub>3</sub> y de la variedad 011 seis líneas S<sub>5</sub> a través del método de descendencia de un solo fruto; además, se incluyeron como testigos las variedades originales y el híbrido comercial Capulín de la empresa Harris Moran.

### **2.4.2 Producción de plántula**

El día 27 de febrero del 2020 se realizó la siembra en charolas de unicel con capacidad de 200 cavidades. El sustrato utilizado fue una mezcla de Solep<sup>®</sup> (abono orgánico comercializado por la empresa Soluciones ecológica de Puebla, México) y turba (Peat moss)<sup>®</sup> en proporción 1:1. Para mejorar el proceso de germinación, las charolas se cubrieron con plástico y se colocaron en invernadero. Después de que emergieron las plántulas, 12 días después de la siembra, se aplicó diariamente fertilizante foliar con la fórmula 20-5-5 a una dosis de 1.5 g L<sup>-1</sup>; además, se complementó la fertilización con micronutrientes con el producto Ultrasol Micro Mix<sup>®</sup> (complejo de micro-nutrientes quelatados con 5 % de Fe, 3.7 % Mn, 0.4 % B, 0.6 % Zn, 0.3 % Cu y 0.2 % Mo), a dosis de 1.0 g L<sup>-1</sup> de agua.

### **2.4.3 Localización de parcelas, diseño y unidad experimental**

El estudio se realizó en el año 2020 en parcelas de agricultores cooperantes en tres localidades de la región de la Sierra Nevada de Puebla: 1) San Juan Tlautla, Cholula, con coordenadas 19° 05' N y 98° 21' O, donde predomina el clima templado subhúmedo con lluvias en verano, 2) San Lorenzo Chautzingo, con coordenadas 19° 13' N y 98° 28' O, donde predomina el clima templado subhúmedo con lluvias y 3) San Felipe Teotlancingo, con coordenadas 19° 13' N

y a 98° 30´ O, donde predomina el clima templado y semifrío subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2009).

El diseño experimental fue un látice 8 x 8 con dos repeticiones en cada localidad, la unidad experimental fue un surco de 4.8 m de largo y 0.80 de ancho, con separación entre plantas de 0.30 m.

#### **2.4.4 Manejo agronómico**

El trasplante se llevó a cabo en diferentes fechas por localidad. En San Juan Tlautla se realizó a los 54 días después de la siembra, en San Lorenzo Chautzingo a los 51 y en San Felipe Teotlancingo a los 56. Esta práctica se realizó colocando dos plantas por mata al inicio, aclarando a solo una por mata, la más vigorosa y sana, para culminar su ciclo. Se aplicaron riegos de auxilio, uno después de los trasplantes y los demás acorde a la deficiencia de lluvias y disponibilidad de los agricultores. Se aplicó la fórmula general de fertilización para las parcelas, de 140 N - 80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 00 K<sub>2</sub>O. Los fertilizantes comerciales para abastecer la fórmula fueron: urea y fosfato diamónico. La forma de aplicación consistió en aplicar el 100 % del fósforo y la mitad del nitrógeno 10 días después del trasplante y la otra mitad del N a los 19 días después de la primera aplicación. Durante el desarrollo del cultivo se presentaron plagas como *Bemisia tabaci* y áfidos, las cuales se combatieron con la aplicación del insecticida comercial Karate® en dosis de 1 mL L<sup>-1</sup> de agua. Para el control de enfermedades se aplicaron los fungicidas Tecto® (Tiabendazol) y Ridomil® (Metalaxil-M) en cantidades de 3 g L<sup>-1</sup> y 1 mL L<sup>-1</sup> de agua, respectivamente.

#### **2.4.5 Variables registradas**

Las variables se registraron conforme al manual de descriptores para *Capsicum* del IPGR *et al.* (1995), como se señala a continuación: días en alcanzar el 50 % de floración (DFL), altura de planta en cm (ALP), diámetro de tallo en mm (DTA), longitud de tallo en mm (LTA), número de bifurcaciones, plantas enfermas, longitud de fruto en cm (LFR), ancho de fruto en cm (AFR),

profundidad de cajete en mm (PCAJ), espesor de pericarpio en mm (EPE), rendimiento de fruto seco por planta (RPPA) y el rendimiento de fruto seco en t ha<sup>-1</sup>.

La fórmula para obtener el rendimiento fue la siguiente;

$$\text{RFrSHa} = \frac{\text{RFrSPI}}{1000} \times 41,667$$

Donde:

RFrSHa: Rendimiento de fruto seco (t ha<sup>-1</sup>).

RFrSPI: Rendimiento de fruto seco por planta (g).

41,667 plantas ha<sup>-1</sup> (densidad de población utilizada).

#### **2.4.6 Análisis estadístico**

Para conocer la diversidad genética presente en los materiales se identificaron primeramente variables que aportaran más información, por lo que se realizó un análisis de varianza combinado de los experimentos a través del procedimiento GLM de SAS, tomando en cuenta solo variables con diferencia estadística significativa entre genotipos. Las variables seleccionadas se sometieron al procedimiento Stepwise para suprimir variables sin relevancia. Además, se elaboró la matriz de correlaciones de Pearson con las variables de interés, seleccionando entre pares de variables que presentaran valores de correlaciones mayores a 0.60 aquellas de mayor interés agronómico. Para continuar con el análisis, a las variables seleccionadas se les aplicó un análisis de componentes principales y un análisis de conglomerados, con base en la matriz de distancias euclidianas y se agruparon con el método de medias no ponderadas.

Por último, para conocer las diferencias estadísticas entre los grupos formados en el dendrograma se realizó un análisis de varianza de una vía y una

comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05\%$ ). Todos los análisis implementados en este estudio se realizaron con el programa SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2013).

## 2.5 RESULTADOS

### 2.5.1 Componentes principales que expresan la diversidad morfológica

El Cuadro 6 muestra la variación encontrada en cinco componentes principales, de acuerdo a las diferentes características evaluadas. Los cinco componentes principales explicaron el 77 % del total de la variación presente. El primer componente explicó el 28.89 % de la variación, atribuida en su mayoría a variables vegetativas como altura de planta (ALP), ancho de planta (ANP), número de bifurcaciones (NBI) y diámetro de tallo (GTA). El segundo componente principal correspondió al 17.10 % del total de la variación presente, donde la variable fenológica y componentes del rendimiento como días a floración (DFL), largo de fruto (LFR) y ancho de fruto (AFR) fueron las que mayor influencia tuvieron sobre este componente. El tercer componente principal explicó el 13.29 % del total de la variación y estuvo mayormente influido por variables de la producción como rendimiento por planta (RPPA) y rendimiento por hectárea (RHAPPA). El cuarto componente principal explicó el 9.45 % de la variación y estuvo asociado a las variables de plantas enfermas (PLEN) y espesor de pericarpio (EPE). El quinto componente principal explicó el 8.98 % del total de la variación y fue determinado por la variable longitud de tallo (LTA). La variación encontrada entre los genotipos fue principalmente por características de arquetipo de las plantas, días a floración, características de fruto y rendimiento.

Al respecto conviene señalar que la diversidad se expresa principalmente a través de características vegetativas, fenológicas, de fruto y de rendimiento, denotando la amplia diversidad morfológica en líneas derivadas de poblaciones criollas.

**Cuadro 6. Vectores propios en cinco componentes principales de los 12 caracteres evaluados en líneas derivadas, genotipos originales e híbrido comercial.**

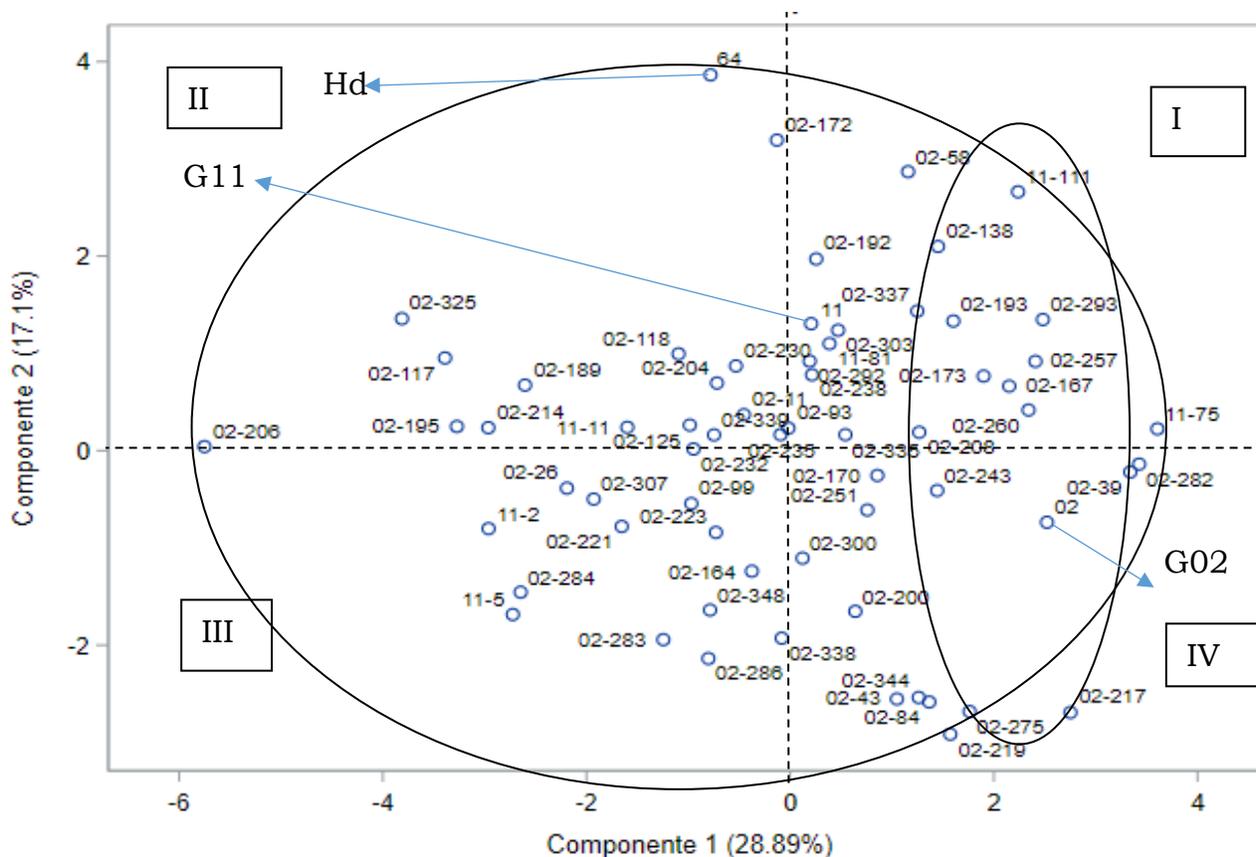
Variable	Vectores Propios				
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
DFL	-0.0002	0.3323	-0.2553	0.0518	0.3106
ALP	<b>0.3785</b>	-0.0991	0.3273	0.1992	0.1344
ANP	<b>0.4067</b>	-0.1890	0.2098	-0.0689	-0.0466
NBI	<b>0.4485</b>	-0.1306	0.1288	-0.0419	-0.1756
LTA	0.0797	-0.0587	0.2202	0.3430	<b>0.6765</b>
GTA	<b>0.4425</b>	-0.0403	0.1429	-0.0345	-0.1535
PLEN	0.0541	0.0631	-0.3494	<b>0.4846</b>	0.1921
LFR	0.0017	<b>0.4991</b>	-0.0055	-0.2024	0.2275
AFR	0.1800	<b>0.5136</b>	0.0711	0.1824	-0.2223
EPE	0.0107	0.2503	0.2693	<b>-0.5975</b>	0.1982
PCF	0.1185	<b>0.4856</b>	-0.0010	0.3090	-0.3508
RHA	0.3450	0.0558	<b>-0.4991</b>	-0.1878	0.1878
V.E (%)	28.89	17.10	13.29	9.45	8.98
V.A (%)	28.89	45.99	59.27	68.72	77.70

V.E: Variación explicada, V.A: Variación acumulada, CP: Componente Principal. Cifras en negritas identifican a las variables con mayor peso sobre cada componente principal. DF: Días a floración, ALP: Altura de planta, ANP: Ancho de planta, NBI: Número de bifurcaciones, LTA: Longitud de tallo, GTA: Grosor de tallo, PLEN: Plantas enfermas, LFR: Longitud de fruto, AFR: Ancho de fruto, EPE: Espesor de pericarpio, PCF: Profundidad de cajete de fruto, RHA: Rendimiento por hectárea.

### 2.5.2 Diversidad fenotípica entre genotipos

La Figura 2 muestra el comportamiento en la distribución de las variedades basado en dos componentes principales. Un poco más de la mitad de los genotipos de Chile Poblano se agruparon en los cuadrantes I y II, pero con un comportamiento semi-esparcido, lo que se atribuye a la amplia variación en caracteres vegetativos, fenológicos y de fruto. Por ejemplo, las líneas 61, 20, 45 59 y 37 destacan por su variación de altura de planta, ancho de planta, número de bifurcaciones y diámetro de tallo, mientras que las líneas 49, 9, 18 y 21

destacan por su variación en longitud de fruto, ancho de fruto, profundidad de cajete y número de días a floración. De lo anterior cabe mencionar que los componentes 1 y 2 cubren la mayor variación entre las líneas, de acuerdo a sus características vegetativas, de fruto y fenología, lo que indica una alta variación fenológica y fenotípica, resultado de la amplia diversidad morfológica en líneas derivadas de poblaciones criollas.



**Figura 2. Líneas derivadas, genotipos originales e híbrido comercial de Chile Poblano y su dispersión, de acuerdo a características que más expresaron la variación.**

Hd: Híbrido Capulín, G11: Genotipo original 011, G02: Genotipo original 02.

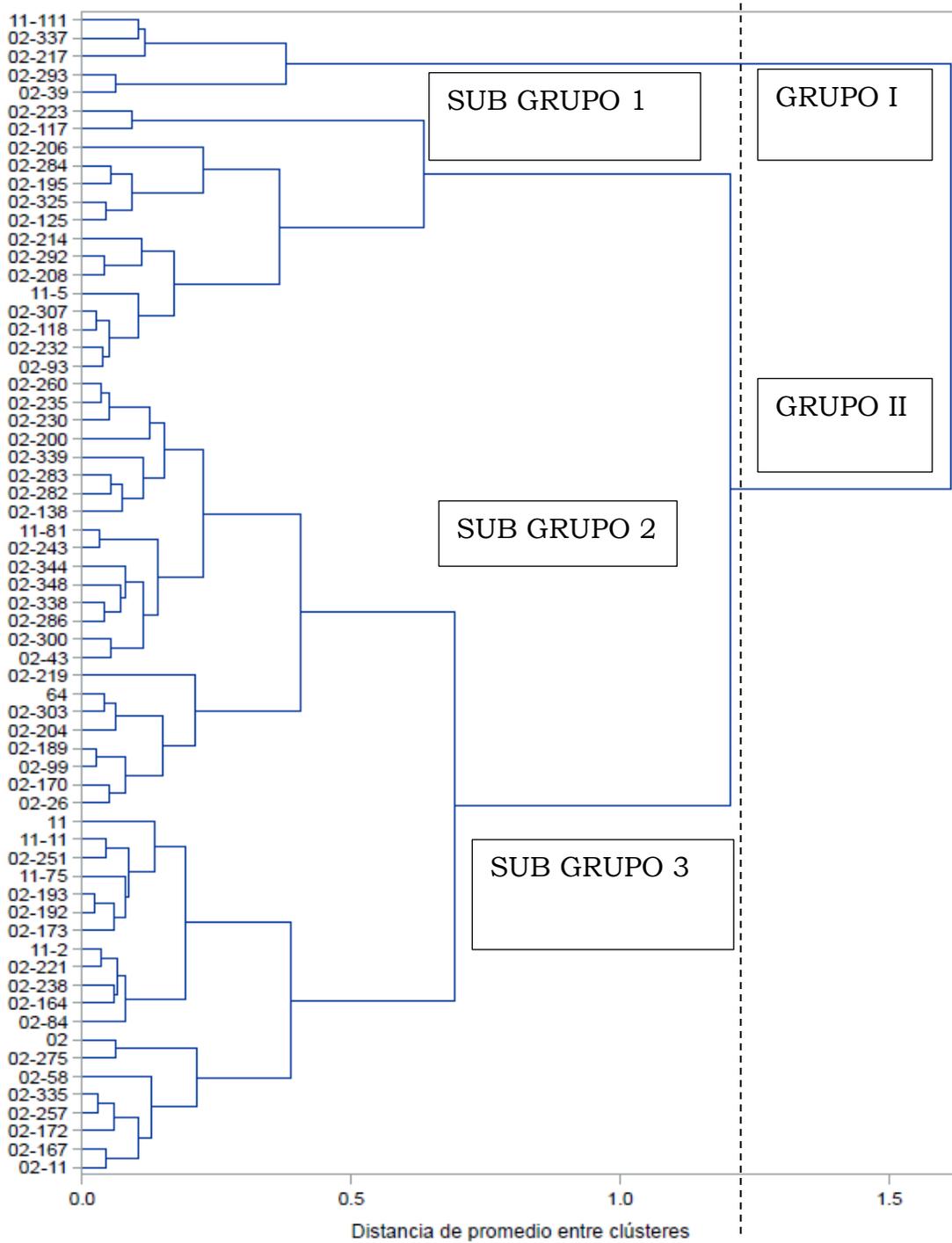
La Figura 3 muestra la agrupación de los genotipos evaluados a una distancia de corte de 1.25 unidades de distancia. Se formaron dos grupos principales. El grupo I se separó del II y en este último se pueden observar dos subgrupos, los cuales comparten diferencias estadísticas en diferentes características de acuerdo al análisis de varianza y a la comparación de medias (Cuadro 7).

En el grupo I se ubicaron cinco líneas: la 11-111, 02-337, 02-217, 02-293 y 02-39, en las cuales resaltan características en mayor altura de planta (50.99 cm), ancho de planta (36.82 cm) y un rendimiento promedio sobresaliente de 2.06 t ha<sup>-1</sup>.

En el grupo II sub grupo 1 encontramos 15 líneas: la 02-223, 02-117, 02-206, 02-284, 02-195, 02-325, 02-125, 02-214, 02-292, 02-208, 11-5, 02-307, 02-118, 02-232 y 02-293, de las que resaltan características promedio de menor número de bifurcaciones (4.15), menor grosor de tallo (8.34 mm), un menor número de plantas enfermas (5.45); además, son las líneas con menor rendimiento promedio (1.09 t ha<sup>-1</sup>).

El grupo II sub grupo 2 contiene 21 genotipos. Algunos de ellos son: la 02-260, 02-235, 02-230, 02-200, 02-339, 02-283, 02-182 y 02-138; este grupo incluye también al híbrido (tratamiento 64), los cuales resaltan por poseer características promedio como mayor espesor de pericarpio (0.28 mm) y rendimiento de 1.42 t ha<sup>-1</sup> en promedio.

En el grupo II sub grupo 3 encontramos los dos genotipos originales (CHo2 y CHo11) y 18 líneas derivadas, algunas de ellas fueron; 11-11, 02-251, 11-75, 02-193, 02-173, 11-2, 02-221, 02-84, 02-275 y 02-58, las cuales poseen características promedio como altura de 50.16 cm, ancho de planta de 35.57 cm y un rendimiento promedio de 1.70 t ha<sup>-1</sup>.



**Figura 3. Agrupación de las líneas derivadas, genotipos originales e híbrido comercial con base en 12 caracteres evaluados en chile Poblano.**

**Cuadro 7. Comparación de medias de los caracteres evaluados en los grupos formados por las líneas derivadas, genotipos originales y el híbrido comercial.**

Grupos	Variables			
	DFL	ALP (cm)	ANP (cm)	NBI
Grupo I	48.03 a <sup>Ω</sup>	50.99 a	36.82 a	4.55 a
Sub grupo 1	48.38 a	48.65 a	33.64 a	4.15 c
Sub grupo 2	48.58 a	49.73 a	36.50 a	4.40 b
Sub grupo 3	47.71 a	50.16 a	35.57 a	4.40 b
Grupo II prom	48.24	49.62	35.50	4.34
	LTA (cm)	GTA (mm)	PLEN	LFR (cm)
Grupo I	21.32 a	9.45 a	6.63 a	7.72 a
Sub grupo 1	21.03 a	8.34 b	5.45 c	7.30 a
Sub grupo 2	21.17 a	8.82 b	6.08 b	7.14 a
Sub grupo 3	20.64 a	8.78 b	6.25 b	7.51 a
Grupo 2 prom	20.96	8.69	5.99	7.30
	AFR (cm)	EPE (mm)	PCF (mm)	RHA (t ha <sup>-1</sup> )
Grupo I	4.09 a	0.27 a	7.68 a	2.06 a
Sub grupo 1	3.91 a	0.27 a	6.96 a	1.09 d
Sub grupo 2	3.92 a	0.28 a	6.22 a	1.42 c
Sub grupo 3	4.06 a	0.27 a	7.21 a	1.70 b
Grupo II prom	3.97	0.27	6.73	1.44

<sup>Ω</sup> Medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). DF: Días a floración, ALP: Altura de planta, ANP: Ancho de planta, NBI: Número de bifurcaciones, LTA: Longitud de tallo, GTA: Grosor de tallo, PLEN: Plantas enfermas, LFR: Longitud de fruto, AFR: Ancho de fruto, EPE: Espesor de pericarpio, PCF: Profundidad de cajete de fruto, RHA: Rendimiento por hectárea, prom: promedio.

## 2.6 DISCUSIÓN

Partiendo de que existe diversidad entre las líneas derivadas de poblaciones criollas de Chile Poblano y que ésta variabilidad se atribuye a caracteres morfológicos, se encontró que la variación está explicada principalmente por características vegetativas, de fruto y rendimiento. Al respecto, conviene mencionar que las líneas evaluadas en este estudio partieron de dos poblaciones criollas sobresalientes de Chile Poblano de la Sierra Nevada de Puebla, México. En estas poblaciones se ha encontrado una amplia variabilidad genética representada en características de planta y fruto (Toledo *et al.*, 2011). Esto concuerda con lo reportado por Contreras *et al.* (2011), en estudios moleculares de ADN aplicado a 55 poblaciones locales de Chile Poblano de esta misma región, donde encontraron que el 89.2 % de la variación se encuentra dentro de poblaciones y un 10.8 % entre ellas. Si a la amplia diversidad se suman las bondades del método de descendencia de un solo fruto (MDSF), modificación del método de descendencia de una vaina de Fehr (1991), que tiene como ventaja, avanzar más rápidamente en el nivel endogamia y mantener características dentro de las líneas, esto permite conservar la alta variación en caracteres entre las líneas derivadas de Chile Poblano.

El análisis de componentes principales mostró que los primeros cinco componentes explicaron el 77 % del total de la variación presente, atribuida principalmente a características vegetativas como altura de planta, ancho de planta, número de bifurcaciones y grosor de tallo, lo que muestra la amplia variabilidad fenotípica. Se ha generado información previa en Chile con diferentes variables o número de genotipos evaluados, lo que arroja distinta información. Por ejemplo, en Chile Guajillo Moreno-Ramírez *et al.* (2019) encontraron que cinco componentes representan 76.9 % de la diversidad, pero atribuida a caracteres como tamaño de planta, de fruto, de semilla y forma del fruto, mientras que en *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*, el 56.6 % de la variabilidad morfológica se atribuyó a características de peso, ancho y longitud de fruto, seguidos de ancho y pubescencia de hoja (Ramírez-Novoa *et al.*, 2018).

En otro estudio, Hernández-Verdugo *et al.* (2012) encontraron que en *C. annuum*, tres componentes principales explicaron el 78 % de la variación, dada por las características como longitud de fruto, peso de fruto, número de semillas, diámetro de tallo y altura de planta. Sin embargo, en una investigación donde evaluaron 227 líneas S<sub>3</sub> derivadas de chile Poblano nativo, se encontró que los primeros cinco componentes explicaron el 65.9 % de la variación total, atribuido a altura de planta, diámetro de tallo, número de bifurcaciones, espesor de pericarpio y rendimiento por hectárea (Herrera, 2016), lo que coincide con esta investigación en la mayoría de variables que aportan la variación existente.

En el análisis de conglomerados se conformaron los grupos I y III, éste último con tres subgrupos 1, 2 y 3. El grupo I se diferenció de los demás por ser sobresaliente en características de rendimiento, con un promedio de 2.06 t ha<sup>-1</sup>, además de un mayor número de bifurcaciones (4.55) y grosor de tallo (9.45 mm). Al respecto, la característica de rendimiento muestra el potencial agronómico, lo que puede ser aprovechado en mejoramiento genético (Latournerie-Moreno *et al.*, 2015) o en la evaluación comercial inmediata (Segovia y Romero, 2014). Sobre las bifurcaciones en *Capsicum annuum* L., Moreno-Pérez *et al.* (2019) mencionan que es en ellas donde se producen las flores que formarán frutos, siendo una variable relevante o de interés.

En el grupo II subgrupo 1 se encontraron líneas con un menor número de plantas enfermas (5.45), siendo esta su característica más relevante. En información revisada se ha reportado que la resistencia genética contribuye a una estrategia relevante en el control de enfermedades como (*Phytophthora capsici* L.), común en *Capsicum annuum* L. (Palma-Martínez *et al.*, 2017), lo que es de interés en la continuación en programas de mejoramiento genético o benéfico en su utilización comercial.

El grupo II sub grupo 2 contiene 21 genotipos que resaltan por poseer características promedio como mayor espesor de pericarpio (0.28 mm en promedio), característica que se relaciona con el peso de fruto y confiere calidad

comercial por ser más grueso y vistoso (Escalera-Ordaz *et al.*, 2019). Por su parte, Naegele *et al.* (2016) relacionó el grosor de pericarpio con mayor susceptibilidad a pudrición de fruto por *Phytophthora capsici* L., por lo que, la disponibilidad de variación en esta característica demuestra la gran diversidad que se aprovechó y se conserva en las líneas.

Los materiales del grupo II sub grupo 3 demuestran buen vigor y un rendimiento aceptable. Se ha reportado que en Chile la altura de planta se relaciona con la productividad (Law-Ogbomo y Law-Ogbomo, 2010), mientras que el ancho de planta, según Moreno *et al.* (2011), se asocia con el rendimiento. La variación encontrada en estos caracteres suma potencial a los genotipos evaluados y suman a la variabilidad fenotípica.

De lo anterior se puede decir que existe diversidad genética que se encuentra dentro de líneas derivadas de poblaciones criollas de Chile Poblano, la cual puede apoyar a la solución de conservación o aprovechamiento de este recurso genético. Esta variación dentro de poblaciones se atribuye a las condiciones ambientales y al manejo de selección de los agricultores (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016); además, pese a que Chile se considera una especie autógama (Acosta *et al.*, 1994; Berke, 2008), existe una polinización cruzada natural que varía de 7 a 90 % (Djian-Caporalino *et al.*, 2006).

## **2.7 CONCLUSIONES**

La derivación de líneas mediante el método de descendencia de un solo fruto mostró eficacia en la obtención de alta variación fenotípica entre y dentro de los genotipos evaluados. La variación entre líneas derivadas de chile Poblano criollo está determinada por caracteres vegetativos y productivos, lo que corrobora la diversidad dentro de una población nativa de chile Poblano. Los genotipos se agruparon de acuerdo con sus características más relevantes; el grupo I resaltó por poseer características vegetativas relevantes y de mayor rendimiento, lo que lo identifica con potencial para su aprovechamiento para mejorar el cultivo de chile Poblano.

## DISCUSIÓN GENERAL

Partimos de que en Chile se presentan rendimientos bajos a nivel nacional e internacional, que existe una escasez de variedades mejoradas en chiles de tipo ancho o “Mulato” y altos costos de las semillas mejoradas, aunado a la poca información sobre la diversidad morfológica y su aprovechamiento en líneas derivadas de poblaciones criollas de Chile Poblano. Por lo anterior, se planteó la hipótesis de que existen líneas derivadas de poblaciones criollas de Chile Poblano con potencial agronómico de acuerdo a sus características de planta y componentes del rendimiento que les confiere la capacidad de ser utilizarlas como variedades mejoradas, además de tener una amplia diversidad genética dentro de poblaciones expresada en diferentes características morfológicas.

El conocimiento generado en los objetivos de esta investigación atendió el problema de los rendimientos bajos, a partir de la identificación de líneas derivadas más rendidoras que el híbrido comercial y genotipos originales, lo que coadyuva a la posible solución de la producción de Chile seco “Mulato”. Para llegar a esto partimos de estudios previos aplicados a poblaciones de Chile Poblano de la Región de la Sierra Nevada de Puebla, como la información de Toledo-Aguilar *et al.* (2016), quienes encontraron que en poblaciones nativas de Chile Poblano existe diversidad genética debida a la selección de los agricultores a través del tiempo y a su tipo de reproducción. Además, en estas poblaciones nativas existe un 89.2 % de diversidad dentro de ellas y solo 10.8 % entre éstas (Contreras-Toledo *et al.*, 2011). También, ese mismo año, Toledo-Aguilar *et al.* (2011) identificaron un grupo de variedades de poblaciones de Chile Poblano con potencial en rendimiento, superiores al híbrido comercial y un buen comportamiento entre ambientes. Lo anterior justificó este estudio sobre la factibilidad de identificar poblaciones sobresalientes y además corroboró la falta de información sobre el aprovechamiento mediante mejoramiento genético de la diversidad encontrada en estas poblaciones.

El problema de los altos costos de semilla y la falta de variedades mejoradas también se abordó mediante la identificación de líneas sobresalientes en rendimiento con buen comportamiento entre ambientes, lo que les confiere capacidad para usarse como variedades mejoradas, siendo estas más accesibles, sin un proceso más largo como es la formación de híbridos y que además se pueden recomendar a ambientes particulares, semejantes a los evaluados en esta investigación. Lo anterior se apoyó en investigaciones previas, en la que se ha señalado que Chile se considera una especie autógama (Berke, 2008), que según Pedro-Huaman *et al.* (2021) se reproducen por autofecundación. Sin embargo, se ha encontrado que en Chile se presenta de 7 a 90 % de polinización cruzada (Djian-Caporalino *et al.*, 2006), pero puede variar, según Pozo (1983), de acuerdo a factores como distancia entre plantas, la vegetación presente, polinizadores e incluso el viento. Este resultado de comportamiento de alogamia natural en especies de *Capsicum* permite la diversidad encontrada en parientes silvestres y cultivares tradicionales (Barrios-Govin *et al.*, 2016). Lo anterior denotó la posibilidad del aprovechamiento de la diversidad presente en Chile, por lo que es necesario romper paradigmas de mejoramiento genético enfocándonos al fitomejoramiento en nichos ecológicos, que surge como una propuesta de trabajo (Muñoz, 1987) para la identificación de mejores variedades en condiciones ambientales locales, propuesta que ha sido compendiada por Gil (2006), que tiene como principal objetivo identificar poblaciones locales sobresalientes, de acuerdo a la característica de interés. Los resultados de esta metodología han sido viables en poblaciones nativas de maíz, pues se han identificado variedades que superan a los híbridos comerciales introducidos (Ortiz-Torres *et al.*, 2013; Muñoz-Tlahuiz *et al.*, 2013; López *et al.*, 2020). Mientras que, en Chile Poblano, Toledo-Aguilar *et al.* (2011), bajo el modelo propuesto por Muñoz (1990), comprobaron la eficacia de la teoría de los nichos ecológicos. Por lo anterior, se pueden generar variedades mejoradas a partir de poblaciones nativas con potencial en características de interés.

La escasa información sobre la diversidad morfológica y su aprovechamiento en líneas derivadas de poblaciones criollas, también se atendió generando información sobre la existencia de alta variación fenotípica entre genotipos y expresión en caracteres principalmente vegetativos y productivos, lo que además corroboró la eficacia del mejoramiento genético y su aprovechamiento de la diversidad en las poblaciones originales. De acuerdo con información previa, Moreno-Ramírez *et al.* (2019) mencionan que la diversidad morfológica que se encuentra en variedades locales de Chile se ha formado por el manejo y la selección de características de interés para el hombre. Además, de que esta variación también fluctúa por la selección natural y agronómica que se realizan en los agroecosistemas y regiones particulares (Petropoulos *et al.*, 2019). Finalmente, los conocimientos sobre diversidad permiten identificar variedades con características de interés agronómico que motivan a su conservación y mejoramiento (Mercer y Perales, 2010).

El conocimiento generado por la presente investigación conlleva a valorar la relevancia de los recursos genéticos criollos y nativos y la dedicación y constancia de la domesticación por los productores y sus conocimientos empíricos. Esto demanda prioritariamente estrategias agrícolas apoyadas por conocimientos científicos y comprobados para promover la conservación y aprovechamiento de la diversidad presente en nuestros recursos fitogenéticos.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

El conocimiento generado del presente estudio apoya a la teoría de la factibilidad del mejoramiento genético aplicado a los nichos ecológicos, teniendo como resultado la identificación de mejores variedades de chile Poblano que se derivaron de poblaciones criollas y que pueden dar respuesta a los bajos rendimientos y los problemas económico actuales. También, este estudio apoya a la conservación de los recursos genéticos y su diversidad ya que es la base del sustento para poder crear nuevos cultivares con características deseables en beneficio de los problemas sociales e incluso naturales.

Una estrategia enfocada en aumentar la producción resultaría en beneficio de la autosuficiencia alimentaria, por lo que el enfoque del mejoramiento genético aplicado a nichos ecológicos rompe paradigmas y crea respuesta a la baja producción, efecto del cambio climático y problemas tecnológicos. Bajo este enfoque se aplican técnicas genotécnicas a especies criollas o nativas que han aprovechado las condiciones ambientales y la selección domestica a través del tiempo, teniendo como resultados a variedades con un mejor rendimiento, menores costos de semillas, la conservación de la diversidad y se dispondría de materiales con mejor adaptación y respuesta al cambio climático.

Finalmente, con esta investigación se recalca que existe amplia diversidad en las variedades criollas de chile Poblano y que, además, esta diversidad es un reservorio que puede ser aprovechado y conservado. Esto puede contribuir a dar respuesta a los problemas sociales que emanan en los sistemas tradicionales de este cultivo y que actualmente son un reto a los estrategas en desarrollo agrícola.

## LITERATURA CITADA

- Acosta, R.G., Bustamante, G.L., y Esparza, M.J. (1994). Efecto de la madurez del fruto y tiempo de maduración postcosecha en la calidad de semilla de chile jalapeño. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 17, 55-6.
- Aguirre-Mancilla, C.L., Iturriaga, F.G., Ramírez-Pimente, J. G., Covarrubias-Príeto, J., Chablé-Moreno, F., y Raya-Pérez, J.C. (2017). El chile (*C. annuum* L.), cultivo y producción de semilla. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México*, 5(1),19-27. Recuperado de <http://www.somecta.org.mx/Revistas/2017-1/2017-1,3.html>
- Bahena-Delgado, G., Bustos-Rangel, A. J., Broa-Rojas, E., y Jaime-Hernández, M. Á. (2012). Comportamiento agronómico del chile criollo (*Capsicum annuum* L.) en fertirrigación con acolchado plástico y cubierta flotante en Xalostoc, Morelos. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 4(1), 19-24. doi: 10.5154/r.inagbi.2011.11.11014
- Barrera-Guzmán, L. A., Legaria-Solano, J. P. y Ortega-Paczka, R. (2020). Diversidad genética en poblaciones de razas mexicanas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43 (1): 121-125. doi: 10.35196/rfm.2020.1.121
- Barrios-Govin, O., González-Alvares, A., Fuentes-Fiallo, V., Acuña-Fernández G., Abreu-Hernández, S., y Cruz-García B. (2016). Cruzamiento natural en el complejo de especies de *Capsicum* en Cuba. *Agrotecnia de Cuba*, 40(1), 1-11
- Berke, G.T. (2008). Hybrid seed production in *Capsicum*. *Journal of New Seeds*, 1(3),49- 67. doi: 10.1300 / J153v01n03\_02
- Canales-Islas, E. I., Tadeo-Robledo, M., Mejia-Contreras, J. A., García-Zavala, J. de J., Espinosa-Calderón, A., Castillo-González, F., Sierra-Macias, M., y Gómez-Montiel, N. (2016). Estabilidad del rendimiento de grano en híbridos trilineales androesteriles de maíz para Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(8), 1815-1827. doi: 10.29312/remexca.v7i8.94
- Castellón-Martínez, E., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chávez-Servia, J. L. y Vera-Guzmán, A. M. (2014). Variación fenotípica de morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) nativo de Oaxaca, México. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, (83):225-236. ISSN 0031-9457.
- Chaves-Barrantes, N. F., Polanía, J. A., Muñoz-Perea, C. G., Rao, I. M., y Beebe, S. E. (2017). Caracterización fenotípica por resistencia a sequía terminal de germoplasma de frijol común. *Agronomía Mesoamericana*, (29), 2-4. doi: 10.15517/ma.v29i1.27618

- Contreras, T. A. R., López, S. H., Santacruz, V. A., Valadez, E. M., Aguilar, V. H. R, Corona T. T. y López, A. P. (2011). Diversidad genética en México de variedades nativas de chile” Poblano” mediante microsatélites. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 34(4), 225-232. doi: 10.35196/rfm.2011.4.225
- Díaz, H. S., Morejón, R., y Pérez, J. N. (2017). Comportamiento y selección de líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenidas por el programa de mejoramiento en Los Palacios. *Cultivos Tropicales*, 38(1),81-88.
- Djian-Caporalino, C., Lefebvre, V., Sage-Daube`ze, A. M., and Palloix, A. (2006). *Capsicum*. In: Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement. Vol. 3. *Vegetable Crops*. R J Singh (ed.). CRC Press. Boca Raton, FL. pp:185-243.
- Elizoldo-Cabalceta, E. y Monge-Pérez, J. E. (2016). Caracterización morfológica de 12 genotipos de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivados en invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marca*, 29(3), 61-71. doi: 10.18845/tm.v29i3.2888
- Elizoldo-Cabalceta, E., y Monge-Pérez, J. H. (2017). Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum*) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Revista InterSedes*, 18(37), 1-27. doi: 10.15517/isucr.v18i37.28652
- Escalera-Ordaz, A. K., Guillén-Andrade, H., Lara-Chaves, M. B. N., Lemus-Flores, C., Rodriquez-Carpena, J. G., y Valdivia-Bernal, R. (2019). Caracterización de variedades cultivadas de *Capsicum pubescens* en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(23), 239-248. doi: 10.29312/remexca.v0i23.2024
- Espinosa-Calderón, A., Turrent-Fernández, A., Tadeo-Robledo, M., Vicente-Tello, A. S., Gómez-Montiel, N., Valdivia-Bernal, R., Sierra-Macías, M., y Zamudui-González, B. (2014). Ley de semillas y ley federal de variedades vegetales y transgénicos de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(2), 293-308.
- FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division (2019). *Estadísticos de la producción mundial de Chile*. Recuperado de <http://faostat.fao.org/beta/es/#data/QC> (junio 2021).
- Fehr, W. R. (1991) "*Principles of Cultivar Development: Theory and Technique*". Agronomy Books. New York, USA, 536 p.
- 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>

- Gálvez, M. Y. A., Cea, M. M. E., Leshner, G. J. M., Latournerie-Moreno, L., Martínez-Moreno, E., Martínez, S. J. L., y Castañón-Nájera, G. (2021). Comparación molecular de poblaciones de Chile (*Capsicum spp.*) de Tabasco y Chiapas, México. *Bioagro*, 33(1), 3-12. <http://www.doi.org/10.51372/bioagro331.1>
- García-Mendoza, P. J., Pérez-Almeida, I. B., Prieto-Rosales, G. P., Medina-Castro, D. E., Manayay-Sánchez, D., Marín-Rodríguez, C. A., Ricse-Nestare, S. J. C., Ortecho-Llanos, R., y Medina-Hoyos, A. E. (2021). Interacción genotipo ambiente y potencial productivo de 25 variedades de Maíz Amiláceo en la Provincia de Tayacaja, Perú. *Biagro*, 33(2), 67-68. doi: 10.51372/bioagro332.1
- García-Rodríguez, J. C., Muñoz-Orozco, A., Maldonado-Moreno, N., Cruz-Izquierdo, S., y Ascencio-Luciano, G. (2017). Resistencia a sequía en genotipos de soya considerando caracteres morfológicos, fisiológicos y agronómicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (8), 431-437. doi: 10.29312/remexca.v8i2.62
- GIL, M., A. 2006. Introducción al Fitomejoramiento en Cultivos Anuales. Altres-Costa Amic y Colegio de Postgraduados. México. 82 p.
- Gomide, M. L., Maluf, W. R., Gomes, L. A. A. (2008). Capacidade de combinação de linhagens elite de pimentão (*Capsicum annum* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, (32),740-748. doi: 10.1590/S1413-70542008000300006
- Hernández-Verdugo, S., Porras, F., Pacheco-Olvera, A., López-España, R. G., Villarreal-Romero, M., Parra-Terraza, S., y Osuna-Enciso, T. (2012). Caracterización y variación ecogeográfica de poblaciones de chile (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*) silvestre del noroeste de México. *Polibotanica*, (33), 175-191.
- 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.
- Herrera, F. F. E. (2016). El Sistema de producción de Chile “Poblano”: características y fitomejoramiento de germoplasma local sobresaliente. Tesis de Maestría. Programa de Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Repositorio Académico del Colegio de Postgraduados *Campus Puebla*, Puebla, México. pp 66-69 [https://www.colpos.mx/posgrado/proedar/p.egre\\_md.php](https://www.colpos.mx/posgrado/proedar/p.egre_md.php)
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009). *Anuario Estadístico Puebla. Aspectos Geográficos, Coordenadas geográficas y altitud de las cabeceras municipales. Serie I.* Recuperado de [http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/int/nav/aee/08/pue/c21\\_01.xls](http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/int/nav/aee/08/pue/c21_01.xls).

- INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (2011) *Centro de investigación regional del noreste campo experimental San Luis*. Recuperado de <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/878.pdf>
- IPGRI, AVRDC and CATIE (1995). *Descriptors for Capsicum (Capsicum spp.)*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; the Asian Vegetable Research and Development Center, Taipei, Taiwan, and the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Ix-Nahuat, J. G., Latournerie-Moreno, L., Pech-May, A. M., Pérez-Gutiérrez, A., Tun-Suárez, J. M., Ayora-Ricalde, G., Mijangos-Cortez, J. O., Castañón-Nájera, G., López-Vásquez, J. S., y Montes-Hernández, S. (2013). Valor agronómico de germoplasma de chile dulce (*Capsicum annum* L.) en Yucatán, México. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 29(3), 231-242. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15429688002>
- 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
- Latournerie, M. L., López, V. J., Castañón, N. G., Mijangos, C. J. O., Espadas, V. G., Pérez, G. A., and Ruiz, S. E. 2015. Agronomic evaluation of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) germplasm. *AP Agroproductividad*. 12(2), 24-29. doi: 10.4236 / oalib.1107515
- Law-Ogbomo, K. E. and Law-Ogbomo, J. E. (2010). Characterization and evaluation of some cultivars of sweet pepper (*Capsicum annum*). *Notulae Scientia Biologicae*, (2):49-54. doi: 10.15835/nsb213576
- León-García, de A. C. (2020). CP-Elvia 3, nuevo maíz blanco resistente al complejo de la mancha de asfalto para Subtrópico de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 38(3), 485-490. doi: 10.18781/R.MEX.FIT.2005-1
- López, P. A., Ortiz-Torres, E., Gil-Muñoz, A. G., Guerrero-Rodríguez, J. D., Taboada-Gaytán, O. R., López-Sánchez, H., y Hernández-Guzmán, J. A. (2020). Patrón varietal y rendimiento de maíces locales de Tehuacán, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(4-A), 526-532.

- López-Espinosa, S. T., Latournerie-Moreno, L., Castañón-Nájera, G., Ruiz-Sánchez, E., Gómez-Leyva, J. F., Andueza-Noh, R. H. y Mijangos-Cortés, J. O. (2018). Diversidad genética de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) mediante ISSR. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(3), 227-236. doi: 10.35196/rfm.2018.3.227-236
- López-Guzmán, J. A., Aguilar-Castillo, J. A., García-Zavala, J. J., y Lobato-Ortiz, R. (2018). Adaptability and stability of maize ear length Jala race in five environments. *Revista Bio Ciencias*, 5(3), e472. doi: 10.15741/revbio.05.03.02
- 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.
- Lule, D., Fetene, M., De Villiers, S., and Tesfaye, K. (2014). Additive main effects and multiplicative interactions (AMMI) and genotype by environment interaction (GGE) biplot analyses aid selection of high yielding and adapted finger millet varieties. *Journal of Applied Biosciences*, 76(3), 6291–6303. doi: 10.4314/jab.v76i1.1
- Luna, R. J. J. y Vásquez, O., M. (1996). Perspectivas del mejoramiento genético y la propagación in vitro en el cultivo de chile (*Capsicum spp*). *Revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 5:2-6.
- Mercer, K. L. and Perales, H. R. (2010). Evolutionary response of landraces to climate change in centers of crop diversity. *Evol. Appl.* 3, 480-493.
- Montaño-Mata, N. J. y Belisario-Ramos, H. del C. (2012). Comportamiento agronómico de siete cultivares de pimentón (*Capsicum annum* L.). *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(1), 32-44.
- Moreno-Pérez, E. del C., Sánchez-Del-Castillo, F., Martínez-Gaspar, F. J., Ramírez-Árias, A. y Beryk-Colinas-León, M. T. (2019). Rendimiento de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) por poda floral selectiva y despunte de yemas laterales en la cuarta bifurcación. *Agrociencias*, 53(5):697-707.
- Moreno-Pérez, E. del C., Mora-Aguilar, R., Sánchez, C. F. y García-Pérez, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Hortícola*, 17, 5-18. doi: 10.5154 / r.rchsh.2011.17.041
- Moreno-Ramírez, Y. R., Santacruz-Varela, A., López, P. A., López-Sánchez, H., Córdova-Téllez, L., González-Hernández, V. A., Corona-Torres T., and López-Ortega, R., (2019). Morphological diversity of Zacatecas Guajillo chile landraces is broad and is given mainly by fruit traits. *Emirates*

*Journal of Food and Agriculture*, 31(6), 440-448. doi: 10.9755/ejfa.2019.v31.i6.1965

- Muñoz, O., A. (1987). *Resistencia a factores adversos y mejoramiento de los patrones etnofitogenéticos de la Mixteca*. In: Muñoz O. A. y B. Dimas Ch. (Comps) *Memoria del Seminario "Cómo aumentar la producción agropecuaria y forestal en la región Mixteca Oaxaqueña"*. Tomo II. Tiltepec, Oaxaca, México. pp. 537-548.
- Muñoz, O., A. (1990). Modelo matemático 1 para evaluar resistencia a sequía. Casos uno a seis. *Evolución Biológica*, 4: 93-106.
- Muñoz, O., A. (2005). *Centli-Maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico, Glosario Centli-Maíz*. Segunda Edición. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. 210 p.
- Muñoz-Tlahuiz, F., Guerrero-Rodríguez, J. de D., López, P. A. Gil-Muñoz, H. López-Sánchez, Ortiz-Torres, E. y M. Valadez-Ramírez (2013). Producción de rastrojo y grano de variedades locales de maíz en condiciones de temporal en los valles altos de Libres-Serdán, Puebla, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4: 515-530.
- Naegele, R. P., Mitchell, J. and Hausbeck, M. K., (2016). Genetic Diversity, Population Structure and Heritability of Fruit Traits in *Capsicum annum*. *PLoS ONE*, 11(7) e0156969. doi: 10.1371/journal.pone.0156969
- Narez-Jiménez, C. A., de-la-Cruz-Lázaro, E., Gómez-Vásquez, A., Castañon-Nájera, G., Cruz-Hernández, A., y Márquez-Quiroz, C. (2014). La diversidad morfológica *in situ* de chiles silvestres (*Capsicum spp.*) de Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3), 209-215.
- Ortiz-Torres, E., López, P. A., Gil-Muñoz, A., Guerrero-Rodríguez, J de D., López-Sánchez, H., Taboada-Gaytán, O. R., Hernández-Guzmán, J. A. y Valadez-Ramírez, M. (2013) Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. *Revista Chapingo Serie Hortícola*, 19, 225-238.
- Palma-Martínez, E., Aguilar-Rincón, V.H., Corona-Torres, T. and Gómez-Rodríguez, O. (2017). Resistance to *Phytophthora capsici* L. in Huacle pepper (*Capsicum annum* L.) lines. *Revista Fitotecnia Mexicana*, (40), 359-363.
- Pech-May, A. M., Castañon-Nájera, G., Tun-Suárez, J. M., Mendoza-Elos, M., Mijangos Cortés, J. O., Pérez-Gutiérrez, A., y Latournerie-Moreno, L. (2010). Efectos heteróticos y aptitud combinatoria en poblaciones de chile dulce (*Capsicum annum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4), 351-360. Recuperado de <https://revistafitotecniamexicana.org/33-4.html>

- Pedro-Huaman, J. J., Blas-Cerdán, W. G., Reyes-Pita, D. B., Rodríguez-Luján, L. F., Rosales-Rodríguez, S. F., Ruíz Angeles, J., Salas-Pizarro, F. M., Sanchez-Llatas, M. N., Vázquez-Regalado, L. S., Varas-Rodríguez, J., Ventura-Aguilar, E. E., Villena-Ulloa E. y Yabar-Rosales, Y. I. (2021). Mejoramiento genético en plantas autógamas. *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 41(1), 136-153. doi: 10.17268/rebiol.2021.41.01.14
- Pérez-Carrasco, L. J., Tornero-Campante, M. A., Escobedo-Garrido, J. y Sandoval-Castro, E. (2016). El chile poblano criollo en la cultura alimentaria del Alto Atoyac. *Estudios Sociales*, 49(27), 49-66.
- Pérez-Castañeda, L. M., Castañón-Nájera, G., Ramírez-Meraz, M., y Mayek-Pérez, N. (2015). Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética de *Capsicum spp.* *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(4), 117-128. doi: 10.19136/era.a2n4.721
- Petropoulos, S. A., Barros, L. and Ferreira, I. C. (2019). Rediscovering local landraces: Shaping horticulture for the future. *Front. Plant Sci.* 10. 126 p.
- Pickersgill, B. (1997). Genetic resources and breeding of *Capsicum spp.* *Euphytica*, 96, 129-133.
- Pozo, C., O. (1983). Estimates of natural cross-pollination in Serrano pepper (*Capsicum annum L.*). *Capsicum Newsletter*, (2), 113-115.
- Quevedo, M. y Laurentin, H. (2020). Caracterización fenotípica de tres cultivares de ají dulce (*Capsicum chinense Jacq.*) venezolano. *Agronomía Mesoamericana*, 31 (3), 729-741. doi: <https://doi.org/10.15517/am.v31i3.40302>
- Ramírez-Meraz, M. y Méndez-Aguilar, R. (2018). *Mejoramiento genético de los chiles comerciales en México*. In: Aguilar-Meléndez A., Vásquez-Dávila, M. A., Katz, E. y Hernández-Colorado, M. R. (Eds.). Los chiles que le dan sabor al mundo. IRD Éditions, 286-300. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.30979>
- Ramírez-Novoa, U. I., Cervantes-Ortiz, F., Montes-Hernández, S., Raya-Pérez, J. C., Cibrián-Jaramillo, A. y Andrio-Enriquez, E. (2018). Diversidad morfológica del chile piquín (*Capsicum annum L. var. glabriusculum*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9 (6)1159-1170. doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i6.1581>
- Ramírez-Vázquez, J., Hortelano-Santa, R., R., Villaseñor-Mir, H. E., López-Herrera, E., Martínez-Cruz, E., y Espitia-Rangel, E. (2017). Evaluación de variedades y líneas uniformes de trigo harinero de temporal en Valles Altos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (7), 655-667. doi: 10.29312/remexca.v7i3.325

- Reyes-Pérez, J. J., Luna-Murillo, R. A., Reyes-Bermeo, M. del R., Zambrano-Burgos D. y Vásquez-Morán, V. F. (2017). Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annum* L.) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. *Revista Centro Agrícola*, 4(4):88-94.
- 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>
- Santiago-López, U., Ramírez-Meraz, M. y Méndez-Aguilar, R. (2018). HAP14F: híbrido de chile ancho poblano para el Altiplano de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2), 481-485. doi: 10.29312/remexca.v9i2.1088
- SAS Institute Inc. (2013). SAS Version 9.4. Statistical Analysis System Institute. Cary, NC, USA.
- Segovia-Lerma, A., y Romero-Mosqueda, A. Y. (2014). Mejoramiento genético para rendimiento en chile (*Capsicum annum* L) para consumo en seco en la región Centro-Sur del estado Chihuahua, México. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2(3), 414-427. doi:10.47808/revistabioagro.v2i1.312
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2019). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. Recuperado de: [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp)
- Silva, J. C., Alay, M. A. y Negrón, G. N. (2013). Características de ocho híbridos experimentales de pimiento (*Capsicum annum* L.), en el valle de Azapa. *IDESIA*, 31(3), 107-110. doi: 10.4067/S0718-34292013000300015
- SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2021). *Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, Primer Trimestre*. Núm. 9. (pp 31). Tlalnepantla, Edo. de México, México.
- Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., López, P. A., Guerrero-Rodríguez, J. de D., Santacruz-Varela, A., y Huerta-de la Peña, A. (2016). Diversidad morfológica de poblaciones nativas de chile Poblano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1005-1015. doi: 10.29312/remexca.v7i5.227
- Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., López, P. A., Guerrero-Rodríguez J. 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. doi: 10.5154/r.rchsh.2011.17.025

- Tosquy, V. O., H., López, S. E., Villar, S. B., Acosta, G. J. A. y Rodríguez, R. J. R. (2016). Verdín: variedad de frijol negro tolerante a sequía terminal para Veracruz y Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(7), 1775-1780. doi: 10.29312/remexca.v7i7.170
- Tosquy-Valle, O- H., López-Salinas, E., Villar-Sánchez, B., Zetina-Lezama, R., Acosta-Gallegos, J. A., Rodríguez-Rodríguez, J. R. e Ibarra-Pérez, F.J. (2018). Rendimiento y adaptación de genotipos de frijol negro opaco en ambientes con y sin sequía terminal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(4), 827-839. doi: 10.29312/remexca.v9i4.1399
- Vásquez, A. V., Cabrera, H. H. A., Jiménez, D., Luis, A. y Colunche, A. (2019). Estabilidad del rendimiento de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Ecología Aplicada*, 18(1), 59-65. doi: 10.21704/rea.v18i1.1307
- Vera, S. K. S., Cadena, I., J., Latournerie, M., L., Santiaguillo, H., J. F., Rodríguez, C., A., Basurto, P., F. A., Castro, L., D., Rodríguez, G., E., López, L., P. y Ríos, S., E. (2016). *Conservación y utilización sostenible de las Hortalizas Nativas de México*. México. 132 pp.
- Zegbe-Dominguez, J. A., Valdez-Cepeda, R. D. y Lara-Herrera, A. (2012). *Cultivo del chile en México*. Zacatecas, Zac. Editorial: Universidad Autónoma de Zacatecas. ISBN: 978-607-7678-69-4. 264 p.
- Zilio, M., Arruda, C., Medeiros, C. M., Miquelluti, D. and Ferreira, A. (2013). Cycle, canopy architecture and yield of common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris*) in Santa Catarina State, Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35(1), 21-30. doi: 10.4025/actasciagron.v35i1.15516