



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS PUEBLA**

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

### **EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CHILE “POBLANO”: CARACTERÍSTICAS Y FITOMEJORAMIENTO DE GERMOPLASMA LOCAL SOBRESALIENTE**

**EVERT FRANCISCO HERRERA FUENTES**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**PUEBLA, PUEBLA**

**2016**



## COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN  
CAMPUS PUEBLA

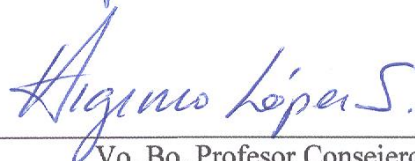
CAMPUE- 43-2-03

### CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Evert Francisco Herrera Fuentes**, alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Higinio López Sánchez**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **El sistema de producción de chile "Poblan": características y fitomejoramiento de germoplasma local sobresaliente**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 2 de diciembre del 2016.

  
Evert Francisco Herrera Fuentes

  
Vo. Bo. Profesor Consejero

Dr. Higinio López Sánchez

La presente tesis, titulada: **El sistema de producción de chile “Poblano”:** **características y fitomejoramiento de germoplasma local sobresaliente**, realizada por el alumno: **Evert Francisco Herrera Fuentes**, 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. ABEL GIL MUÑOZ

ASESOR:   
DR. AMALIO SANTACRUZ VARELA

ASESOR:   
DR. RUFINO DÍAZ CERVANTES

Puebla, Puebla, México, 2 de diciembre del 2016

# EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CHILE “POBLANO”: CARACTERÍSTICAS Y FITOMEJORAMIENTO DE GERMOPLASMA LOCAL SOBRESALIENTE

Evert Francisco Herrera Fuentes, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

En Puebla, el chile “Poblano” (*Capsicum annuum* L.) es un cultivo con gran importancia cultural y gastronómica; además, representa una fuente de ingreso para muchos agricultores en la región de la Sierra Nevada; sin embargo, existen problemas de bajos rendimientos de fruto, por lo tanto es necesario buscar soluciones a este inconveniente. El objetivo de la presente investigación fue analizar el funcionamiento del sistema de producción del cultivo de chile “Poblano” en Puebla y evaluar el comportamiento agronómico de líneas de chile “Poblano” generadas a partir de germoplasma local sobresaliente. Para analizar la primera parte se aplicó un cuestionario a 54 productores de chile “Poblano” de 13 localidades. La información se analizó a través de estadística descriptiva y análisis multivariado. La segunda parte consistió en la evaluación agronómica de 227 líneas de chile “Poblano” derivadas de una población criolla sobresaliente más dos testigos comunes en los experimentos, usando dos diseños látice simple 10×10 y uno 6×6, cuyos resultados fueron analizados mediante análisis de varianza y multivariados. Entre los resultados encontrados en el sistema de producción de chile “Poblano” destacan que el 94.4 % de los agricultores cultivan menos de una hectárea, el 100 % utiliza semillas nativas, el rendimiento promedio es de 1.07 t ha<sup>-1</sup> de fruto seco, y que existe un plan de fertilización inapropiado; adicionalmente se logró diferenciar cinco grupos de agricultores. A partir de la evaluación de las líneas de chile “Poblano” se definieron cinco grupos de líneas y se detectaron 17 sobresalientes, con un rendimiento de fruto seco entre 4 y 7.11 t ha<sup>-1</sup>. El sistema de producción de chile “Poblano” presenta características de una agricultura de pequeña escala de producción y heterogeneidad socioeconómica y técnico-productiva entre sus agricultores. Se demostró que el fitomejoramiento a partir de germoplasma local sobresaliente es una opción viable para contribuir a mejorar los rendimientos.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., estratificación de agricultores, fitomejoramiento, germoplasma local, sistema de producción agrícola.

# PRODUCTION SYSTEM OF “POBLANO” CHILE: FEATURES AND PLANT BREEDING OF OUTSTANDING LOCAL GERMPLASM

Evert Francisco Herrera Fuentes, M.Sc.

Colegio de Postgraduados, 2016

In Puebla, “Poblano” chile (*Capsicum annuum* L.) is a crop with great cultural and gastronomic importance; it also represents a source of income for many farmers in the Sierra Nevada region; however, there are problems with low fruits yields, therefore it is necessary to look for solutions to this inconvenient. The aim of this research was to analyze the functioning of the “Poblano” chile crop production system in Puebla and to evaluate the agronomic behavior of “Poblano” chile inbred lines generated from outstanding local germplasm. To analyze the first part a questionnaire was applied to 54 farmers of “Poblano” chile in 13 localities. The information was analyzed through descriptive statistics and multivariate analysis. The second part consisted of an agronomic evaluation of 227 inbred lines of “Poblano” chile derived from an outstanding creole population plus two common controls in experiments, using two 10×10 simple lattice designs and one 6×6; analysis of variance and multivariate were performed on results. Among the results found in the production system of “Poblano” chile that stand out include that 94.4 % of farmers cultivate less than one hectare, 100 % use native seeds, the average yield is of 1.07 t ha<sup>-1</sup> of dry fruit, and that inappropriate fertilization plan exists; additionally, it was possible to distinguish five groups of farmers. From the experimental evaluation, 17 outstanding lines of “Poblano” chile with yields between 4 to 7.11 t ha<sup>-1</sup> of dry fruit were detected, and five groups of lines were defined. The production system of “Poblano” chile in Puebla has characteristics of small-scale agriculture production, socio-economic and technical-productive heterogeneity among its farmers. It was shown that plant breeding from outstanding local germplasm is a viable option to help improve yields.

Key words: agricultural production system, *Capsicum annuum* L., local germplasm, plant breeding, stratification of farmers.

## AGRADECIMIENTOS

A **Jehová mi Dios**, por todas las bendiciones.

Al **Pueblo Mexicano**, que gracias a sus impuestos existen programas de becas para que mexicanos y también extranjeros tengamos la oportunidad de estudiar.

Al **Colegio de Postgraduados Campus Puebla**, por la oportunidad de estudiar la Maestría en Ciencias. Además, por proporcionarme recursos económicos para realizar la encuesta y los experimentos.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por la beca otorgada durante mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al **Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) oficina de Nicaragua**, por el apoyo brindado para la asignación de la beca.

Al **Dr. Higinio López Sánchez**, por haber aceptado ser mi Consejero, por su valioso apoyo brindado durante esta etapa de mi formación académica, por su disposición en querer trabajar conmigo, por compartir sus conocimientos, por sus enseñanzas y por su amistad brindada.

Al **Dr. Pedro Antonio López**, por el apoyo brindado durante toda la investigación, tanto en los análisis estadísticos como en la revisión de toda la tesis, por ser un gran profesor y por su valiosa amistad.

Al **Dr. Abel Gil Muñoz**, por su amistad, sus enseñanzas y por todas las minuciosas revisiones realizadas a la presente tesis.

Al **Dr. Amalio Santacruz Varela**, por formar parte de mi Consejo Particular y por su apoyo brindado durante la ejecución de la presente investigación y en la revisión de este escrito.

Al **Dr. Rufino Díaz Cervantes**, por aceptar formar parte de mi Consejo Particular y por el apoyo brindado durante el desarrollo de la presente investigación.

Al **Ing. Ricardo López Ortega**, por traducir al inglés el resumen general y los resúmenes de los dos artículos científicos.

A los **agricultores de Chile “Poblano”** de la Sierra Nevada de Puebla, que amablemente brindaron información para el estudio del sistema de producción; gracias a ellos se pudo realizar parte de esta investigación.

Al **Sr. Fernando Cuenca**, por su apoyo en el manejo agronómico de los experimentos.

A **Víctor Hugo López Ortega y Miguel Torres Gómez**, por el apoyo durante la toma de datos y manejo agronómico del cultivo.

A todas las amistades que hice durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

## **DEDICATORIA**

*A mi mamá Sabina Fuentes Úbeda y a mi papá Ever Herrera Zelaya, porque este logro es de ustedes también, es producto de sus esfuerzos invertidos en mí, gracias por todo lo que me han dado.*

*A mis hermanos: Rubén, Julio, Darwing y Sindy, porque forman parte importante de mi vida.*



## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
1. Planteamiento del problema.....	1
2. Objetivos.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. Hipótesis.....	3
3.1. Hipótesis general.....	3
3.2. Hipótesis particulares.....	3
4. Revisión de literatura.....	4
4.1. Tipos de agricultura en México.....	4
4.2. Estadísticas de producción de chile a nivel mundial y en México.....	5
4.3. Regiones del cultivo de chile en México.....	5
4.4. Origen y diversidad genética del cultivo de chile en México.....	6
4.5. Fitomejoramiento del cultivo de chile en México.....	7
5. Literatura citada.....	9
<b>CAPÍTULO I. EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CHILE “POBLANO”: CARACTERÍSTICAS Y ESTRATIFICACIÓN DE AGRICULTORES.....</b>	<b>13</b>
1.1. Resumen.....	14
1.2. Summary.....	15
1.3. Introducción.....	16
1.4. Materiales y métodos.....	17
1.4.1. Área del estudio y tamaño de muestra.....	17
1.4.2. Variables estudiadas.....	17
1.4.3. Análisis estadístico.....	18
1.5. Resultados.....	19
1.5.1. Generalidades del sistema de producción chile “Poblano”.....	19

1.5.2. Estratificación de agricultores de Chile “Poblano” en la Sierra Nevada de Puebla.....	20
1.6. Discusión.....	24
1.7. Conclusiones.....	27
1.8. Literatura citada.....	28
<b>CAPÍTULO II. SELECCIÓN Y VARIABILIDAD FENOTÍPICA DE LÍNEAS S<sub>3</sub> DERIVADAS DE UNA POBLACIÓN CRIOLLA DE CHILE “POBLANO”.....</b>	<b>31</b>
2.1. Resumen.....	32
2.2. Summary.....	33
2.3. Introducción.....	34
2.4. Materiales y métodos.....	35
2.4.1. Material vegetal.....	35
2.4.2. Producción de plántula, localidad, diseño y unidad experimental.....	36
2.4.3. Manejo agronómico.....	36
2.4.4. Variables medidas.....	36
2.4.5. Análisis estadístico.....	37
2.5. Resultados.....	37
2.5.1. Análisis de varianza.....	38
2.5.2. Fenología y caracteres vegetativos en líneas seleccionadas.....	39
2.5.3. Caracteres de fruto y rendimiento de líneas seleccionadas.....	39
2.5.4. Análisis multivariado.....	41
2.6. Discusión.....	46
2.6.1. Fenología, caracteres vegetativos y de componentes de rendimiento en líneas sobresalientes.....	46
2.6.2. Variabilidad fenotípica dentro de una población criolla de Chile “Poblano”.....	48
2.6.3. Diferencias genéticas entre grupos de líneas.....	49
2.7. Conclusiones.....	50
2.8. Literatura citada.....	51
<b>DISCUSIÓN GENERAL.....</b>	<b>57</b>
1. Literatura citada.....	59
<b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1.1. Medias de variables que influyen en la mayor variación de los grupos de agricultores del sistema de producción de chile “Poblano” en la Sierra Nevada de Puebla.....	23
Cuadro 1.2. Fertilización sintética aplicada en campo y cantidad de plaguicidas usados por los grupos de agricultores del sistema de producción de chile “Poblano” en la Sierra Nevada de Puebla.....	24
Cuadro 2.1. Cuadros medios del análisis de varianza de las variables evaluadas en chile “Poblano” en los tres diseños experimentales látice.....	38
Cuadro 2.2. Fenología y caracteres vegetativos de líneas de chile “Poblano” seleccionadas y de los testigos en los tres experimentos.....	40
Cuadro 2.3. Caracteres de fruto y rendimiento de líneas de chile “Poblano” seleccionadas y testigos a través de experimentos.....	42
Cuadro 2.4. Vectores propios y proporción de variación explicada por cinco componentes principales derivadas de 12 variables en los testigos y las 227 líneas de chile “Poblano”.....	43
Cuadro 2.5. Medias de caracteres considerados en la definición de cinco grupos de líneas S <sub>3</sub> derivadas de una población criolla sobresaliente de chile “Poblano”.....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1. Municipios, localidades y número de entrevistas aplicadas a agricultores de chile “Poblano” en la Sierra Nevada de Puebla, 2016.....	18
Figura 1.2. Agrupación de agricultores productores de chile “Poblano” en la Sierra Nevada de Puebla.....	21
Figura 2.1. Agrupación de líneas de chile “Poblano” derivadas de una variedad criolla y distribución de las líneas sobresalientes (resaltadas).....	44

# INTRODUCCIÓN GENERAL

## 1. Planteamiento del problema

A nivel mundial, México ocupa el lugar 47 en rendimiento de chile verde con un promedio de 17.2 t ha<sup>-1</sup>, y el lugar 40 en rendimiento de chile seco, con 1.8 t ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2013), lo que demuestra que México no es competitivo en el ámbito internacional con otros países, como Perú que reporta un promedio de 10.3 t ha<sup>-1</sup> de chile seco. Por lo anterior, es necesario incrementar los rendimientos de los diversos tipos de chile cultivados en los diferentes sistemas de producción de la República Mexicana.

Un componente clave en el incremento de la producción agrícola ha sido el empleo de variedades mejoradas. Según Duvick (2005), en Estados Unidos estas variedades han contribuido con al menos un 50 % al aumento de los rendimientos en maíz. En México se han estimado aportes similares (Reyes, 2000). Por tanto, es factible afirmar que el fitomejoramiento en chile puede ser una alternativa que conviene explorar, en particular aquél que se ha desarrollado con el enfoque del mejoramiento genético en los nichos ecológicos (Muñoz, 1990). Este enfoque se aplica en microrregiones del país donde la producción de un cultivo está sustentada en el empleo y selección de poblaciones nativas con el potencial para igualar o superar el rendimiento y comportamiento agronómico de materiales introducidos. Tales poblaciones pueden ser empleadas como punto de partida para la aplicación de diversos esquemas de mejoramiento genético vegetal. En el cultivo de chile “Poblano” en Puebla se ha encontrado diversidad morfológica en poblaciones criollas de la región Sierra Nevada de Puebla (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016b), diversidad que permitió la identificación de poblaciones criollas con rendimiento superior a variedades mejoradas introducidas a la región (Toledo-Aguilar *et al.*, 2011).

Conocer y estudiar las características de los sistemas agrícolas en las diferentes escalas de producción es importante para formular estrategias de intervención en estos, y para atender las necesidades primordiales y apremiantes de los agricultores, de tal manera que puedan incrementar los rendimientos de sus cultivos. La descripción de un sistema de producción brinda la posibilidad de conocer generalidades y ciertas particularidades de su funcionamiento. También es posible

caracterizar a los agricultores, lo cual permite estudiar de manera más detallada sus diferencias y similitudes y así poder agruparlos, de tal manera que se facilite el establecimiento de líneas de acción en el sistema. En el caso de los sistemas agrícolas, un elemento imprescindible de la estrategia debe estar relacionado con el uso de tecnología que permita incrementar los rendimientos; por ejemplo, el uso de variedades mejoradas, la nutrición vegetal, el control fitosanitario, entre otros.

A pesar de la trascendencia de los estudios antes mencionados, en México se carece de investigaciones que describan los diferentes sistemas agrícolas en los cuales se produce chile. Algunos estudios brindan información sobre el cultivo a mayor escala; por ejemplo, Caro *et al.*, (2014) dividen al país en tres regiones: a) La región norte y noreste con alto nivel tecnológico, b) La región central y del Bajío, con nivel tecnológico medio, y c) La región sur y sureste, con nivel tecnológico bajo. Un estudio más localizado es el de Galindo (2007), quien estudió el servicio de asistencia técnica a los agricultores de chile seco en Zacatecas. Debido a la escasez de trabajos en la temática, es necesario caracterizar los sistemas del cultivo de chile “Poblano”, sobre todo los situados al centro y sur del país, pues su nivel tecnológico repercute en los rendimientos obtenidos. Un ejemplo es el sistema de producción de chile “Poblano” de la Sierra Nevada de Puebla, región para la cual se han reportado disminuciones en los rendimientos; en el año 2007 el rendimiento promedio fue  $10.3 \text{ t ha}^{-1}$  de fruto verde, mientras que en el 2015 éste fue de  $8.4 \text{ t ha}^{-1}$  (SIAP, 2016). Rodríguez *et al.* (2007) manifiestan que en esta región en décadas pasadas se alcanzaban rendimientos de casi  $25 \text{ t ha}^{-1}$ .

En México, el cultivo de chile “Poblano” o “Mulato” tiene importancia económica, y en el estado de Puebla es relevante tanto desde el punto de vista socioeconómico como gastronómico. A la fecha, un estudio que da una idea aproximada sobre la problemática de producción es el de Rodríguez *et al.* (2007), quienes estudiaron las poblaciones criollas de 10 agricultores de San Matías Tlalancalca y 11 agricultores de Juárez Coronaco, e identificaron como problema principal en la producción a la enfermedad conocida localmente como “Secadera” (*Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*). Para contribuir a potencializar nuevamente el cultivo de chile “Poblano” en la región de la Sierra Nevada de Puebla se consideró necesario en principio analizar su sistema de producción, a fin de conocer qué factores están influyendo en su

funcionamiento actual. Adicionalmente, y considerando la posibilidad de generar innovaciones tecnológicas, también se estudió el comportamiento agronómico de líneas de chile “Poblano” obtenidas a partir de germoplasma local sobresaliente.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Analizar el funcionamiento del sistema de producción del cultivo de chile “Poblano” en Puebla y evaluar el comportamiento agronómico de líneas de chile “Poblano” derivadas a través de germoplasma local sobresaliente.

### **2.2. Objetivos específicos**

1. Describir y analizar el sistema de producción de chile “Poblano”.
2. Formular una propuesta de estratificación de agricultores del cultivo de chile “Poblano”.
3. Estudiar la variabilidad fenotípica de las líneas a través de sus similitudes y diferencias que lleven a formación de grupos.
4. Seleccionar líneas S<sub>3</sub> de chile “Poblano” sobresalientes con base en su fenología, caracteres vegetativos y rendimiento y sus componentes.

## **3. Hipótesis**

### **3.1. Hipótesis general**

El sistema de producción de chile “Poblano” en Puebla se caracteriza por ser de pequeña escala de producción y por tener problemas de bajos rendimientos derivados de su nivel tecnológico; por otra parte existen líneas de chile “Poblano” con rendimiento superior al de los testigos.

### **3.2. Hipótesis particulares**

1. El cultivo de chile “Poblano” en Puebla se desarrolla bajo un esquema de agricultura de pequeña escala de producción.
2. Existe una estratificación entre los agricultores de chile “Poblano” de Puebla con base en diferencias socioeconómicas y técnico-productivas.
3. La amplia variabilidad fenotípica presente dentro de una población criolla de chile permite identificar grupos de líneas con atributos afines.
4. Existen líneas S<sub>3</sub> sobresalientes que superan a su progenitor directo y al material mejorado en caracteres fenológicos, vegetativos y de componentes de rendimiento.

#### **4. Revisión de literatura**

##### **4.1. Tipos de agricultura en México**

En México se han identificado 18 tipos de agricultura, producto de la combinación de los factores carácter de la producción, intensificación del trabajo y productividad. De acuerdo con el carácter de la producción la agricultura se clasifica en capitalista, transicional y campesina. Según la intensificación del trabajo (desarrollo técnico y de las fuerzas de trabajo) puede ser muy intensiva, intensiva, extensiva media y extensiva baja. Con base en su productividad ésta puede ser alta, media y baja (González, 1990).

De acuerdo con González (1990), la Región Agrícola 125 “Puebla sur Tlaxcala” comprende tres tipos de agricultura y en la región de la Sierra Nevada se encuentran dos de ellas: agricultura campesina, extensiva baja con productividad baja en los municipios de San Andrés Calpan, Chiantzingo, Domingo Arenas, San Matías Tlalancaleca, entre otros; y la agricultura capitalista, extensiva baja con productividad baja que se ubica en los municipios de Huejotzingo, San Andrés Cholula, San Felipe Teotlalcingo, San Martín Texmelucan, San Salvador el Verde, entre otros.

Los sistemas agrícolas tradicionales de México se han caracterizado por presentar rasgos tecnológicos particulares, tales como el uso de animales de trabajo y herramientas manuales, uso de semillas autóctonas, minifundios, y por aspectos socioeconómicos tales como el desarrollarse en áreas agrícolas pequeñas, tener un mercado limitado, producción para autoconsumo, escasez de



créditos, de asistencia técnica y de resultados de la investigación agrícola, migración de la mano de obra calificada y aumento de las necesidades monetarias de la población (Hernández, 1988). Los sistemas agrícolas de la agricultura convencional por su parte, priorizan un modelo tecnológico basado en el uso de mecanización, uso de insumos sintéticos como fertilizantes y plaguicidas y el monocultivo (Altieri, 2009). El proceso de transición de agricultura tradicional a convencional surge a partir del cambio de cultivos o de los requerimientos que implican el poder cultivar (Márquez y Martínez, 2007).

#### **4.2. Estadísticas de producción de chile a nivel mundial y en México**

La producción mundial de chiles para el año 2013 superó los 34.6 millones de toneladas; de estas, más de 31.1 millones fueron de chiles verdes y más de 3.4 millones fueron de chiles secos. China es el mayor productor de chiles a nivel mundial al aportar el 46.7 % de la producción total. China es también el mayor productor de chiles verdes a nivel mundial, con el 50.7 % de la producción total, mientras que México ocupa el segundo lugar, aportando el 7.4 %. La India es el mayor productor de chiles secos, contribuyendo con el 39.7 % de la producción mundial; en América el país mejor posicionado es Perú, que ocupa el tercer lugar a nivel mundial y aporta el 4.7 % de la producción. México ocupa el lugar 14 y aporta el 1.7 % de la producción (FAOSTAT, 2013).

El cultivo de chile en México tiene relevancia cultural y alimenticia desde tiempos prehispánicos (Latournerie *et al.*, 2002; Perry y Flannery, 2007; Castellón-Martínez *et al.*, 2012). En la actualidad es un cultivo con gran valor económico, con una producción que supera los dos millones de toneladas por año. En lo que respecta al chile “Poblano” o “Mulato”, para el año 2015 se sembraron más de 14 mil hectáreas a nivel nacional para producción en verde y más de 2 mil hectáreas para producción en seco; en el caso de Puebla, se reportaron 314 hectáreas para fruto verde (SIAP, 2016).

#### **4.3. Regiones del cultivo de chile en México**

En México existen tres grandes regiones productoras de chile, a) La Región Norte y Noreste considerada de alto nivel tecnológico, que se especializa en la producción de chiles frescos. Abarca los estados de Chihuahua, Sinaloa, Baja California, Baja California Sur, Sonora, Durango, Nayarit y sur de Tamaulipas; b) La Región Central y del Bajío que tiene nivel tecnológico medio, orientada principalmente a la producción de chiles secos. Incluye los estados de Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro y Puebla; y c) La Región Sur y Sureste caracterizada por su nivel tecnológico bajo, comprende los estados de Quintana Roo, Campeche, Oaxaca y Veracruz, y donde se siembra principalmente en condiciones de secano y con humedad residual (Caro *et al.*, 2014).

A consecuencia de lo anterior la mayor producción de chile se concentra en los estados del norte del país. Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas producen juntos el 59.8 % de la producción nacional de chile verde. Zacatecas y San Luis Potosí son los principales productores de chile seco, ya que juntos aportan el 70.9 % de la producción nacional (SIAP, 2015). En el norte del país se ubican los agricultores que tienen el mayor número de hectáreas cultivadas con chile. Evidencia de ello es el estudio de Reyes *et al.* (2001), quienes encontraron que en Zacatecas el 91.6 % de los agricultores de chile tienen superficies cercanas a las 10 hectáreas y el 1.01% tienen más de 30 ha. No obstante, en algunos municipios del mismo Estado la superficie llega a ser mayor, pues Avelar-Mejía *et al.* (2011) encontraron que ésta es de 22 ha, con una amplitud de variación de 11 a 58 ha. La superficie sembrada por agricultor disminuye en otros estados del centro, sur y sureste del país.

#### **4.4. Origen y diversidad genética del chile en México**

El género *Capsicum* es originario de América del Sur (Pickersgill, 1997), consta de alrededor de 30 especies, pero las cinco domesticadas son *C. annuum* L., *C. frutescens* L., *C. chinense* Jacq., *C. pubescens* R & P. y *C. baccatum* L. (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999); de ellas, *C. annuum* es la especie con mayor importancia económica en el mundo (Pickersgill, 2007), la cual tiene su centro de domesticación en México (Pickersgill, 1997), donde se encuentra la mayor diversidad genética de esta especie. Se estima que en México existen más de 60 tipos de chiles, siendo los más conocidos jalapeño, ancho, guajillo, piquín, serrano, habanero, entre otros (Aguilar *et al.*, 2010). Dentro de los chiles de tipo ancho se conocen seis subtipos (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016a),

uno de ellos es el “Mulato” o “Poblano” que se cultiva en los estados de Puebla, Zacatecas, Durango, Aguascalientes, San Luis Potosí y Querétaro (Aguilar *et al.*, 2010).

#### **4.5. Fitomejoramiento del chile en México**

En México, los programas de fitomejoramiento que han tenido mayor protagonismo son los orientados a los cultivos de maíz y trigo, donde instituciones como el CIMMYT, INIFAP y diversas universidades han sido los principales protagonistas. En 1967 la región de la Sierra Nevada formó parte del área de influencia del Plan Puebla, donde se aplicó una estrategia para incrementar los rendimientos de maíz con productores que practicaban agricultura tradicional, con el fitomejoramiento como un elemento de esta estrategia, buscando incrementar los rendimientos de maíz con el uso de variedades mejoradas, encontrando que los materiales mejorados introducidos no superaban a las variedades locales, debido a la plena adaptación de éstas últimas a las condiciones ambientales, de manejo y de usos en la región (Cervantes y Mejía, 1984). Además, por la importancia en la dieta mexicana, el cultivo de frijol también ocupa un lugar importante en los programas nacionales de mejoramiento (Cárdenas, 2000; Acosta-Gallegos *et al.*, 2000). En lo que respecta al cultivo de chile, el mejoramiento genético se ha orientado principalmente al desarrollo de cultivares con resistencia a enfermedades. En México, para el cultivo de chile, la principal estrategia de mejoramiento ha sido la introducción y selección de líneas desarrolladas en el extranjero (Luna y Vázquez, 1996). En el país existen cultivares híbridos y de polinización abierta, pero estos han sido desarrollados y registrados por empresas semilleras, aunque también el INIFAP ha liberado híbridos y variedades de polinización abierta, pero en menor cantidad (Luna, 2010).

Las compañías semilleras transnacionales se han enfocado en producir semillas de chile tipo dulce y chiles para mercado en fresco, porque son los que más demanda el mercado a nivel mundial y para ello han desarrollado preferiblemente cultivares híbridos; sin embargo, no se ha prestado atención al desarrollo de variedades mejoradas de los tipos de chile que se consumen a nivel regional y local en México (Luna, 2010). Los tipos de chiles con importancia a escala nacional han sido estudiados por parte de investigadores de universidades y centros experimentales estatales, trabajando principalmente en estudios de comportamiento agronómico, identificación de

poblaciones sobresalientes y caracterización morfológica, química y molecular; sin embargo, el avance respecto al logrado por las empresas privadas ha sido muy poco. De acuerdo con el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales durante el primer trimestre del 2016 se tenían registradas 37 variedades de chile, de las cuales 35 pertenecen a instituciones del sector público (SNICS, 2016); sin embargo, esa cantidad para todo el país es muy baja; respecto a chile “Poblano” o “Mulato” se reportan únicamente dos. Aunque también se dispone de semillas mejoradas de empresas transnacionales éstas no son de uso general entre los agricultores porque tienen altos precios, hasta de \$ 1.00 por semilla en 2016. En el país el 80 % de la superficie destinada para el cultivo del chile está sembrada con semilla de poblaciones criollas; sin embargo, éstas presentan algunas características no deseables como poca uniformidad en los frutos, lo que les impiden competir en mercados más exigentes (González-Estrada *et al.*, 2004). Lo anterior justifica el mejorar a las variedades criollas. Una alternativa es lo realizado en nuestra investigación, utilizando el enfoque de mejoramiento en el nicho ecológico de la Sierra nevada de Puebla, utilizando como base a una población criolla seleccionada, a la que se le aplicó el método de mejoramiento genético denominado “Método de descendencia de un solo fruto (MDSF)”.

El mejoramiento mediante el MDSF es aplicable tanto a especies autógamas como alógamas y, de acuerdo con Fehr (1991), es una modificación del método originalmente propuesto por Goulden en 1941, que derivó en el método denominado descendencia de una sola semilla. De acuerdo con Fehr (1991) el MDSF tiene la ventaja de que permite incrementar rápidamente el nivel de endogamia de individuos obtenidos a partir de una población segregante o, como en el caso de las poblaciones locales o nativas de chile, a partir de una población con alta variabilidad. Otra de las ventajas es que permite su aplicación en ambientes diferentes al ambiente para el cual se pretende obtener las variedades comerciales; es decir, permite incrementar la homocigosis en condiciones de invernadero o en ambientes cálidos durante el invierno, lo cual favorece un incremento rápido en el nivel de endogamia y por lo tanto un mayor avance en el tiempo, en el esquema de mejoramiento. Con la aplicación de este método se obtienen líneas derivadas contrastantes entre ellas, pero con una mayor uniformidad dentro de las mismas. En el siguiente cuadro se establecen los pasos a seguir en la aplicación de este método, para generar líneas endogámicas  $S_3$ , que podrán ser utilizadas como variedades mejoradas, para formar híbridos o variedades sintéticas, de acuerdo a los objetivos del programa de mejoramiento genético.

<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.

## 5. Literatura citada

**Acosta-Gallegos J. A., R. Rosales-Serna, R. Navarrete-Maya y E. López-Salinas (2000)**

Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para condiciones de riego y temporal en México. *Agricultura Técnica en México* 26:79–98.

**Aguilar R. V. H., T. Corona T., P. López L., L. Latournerie M., M. Ramírez M., H. Villalón M. y J. A. Aguilar C. (2010)**

Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.

**Altieri M. (2009)** La agricultura moderna: impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera

agricultura sustentable. Universidad de California, Berkeley, USA. <http://www.ayuntamientomotril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/IOAgriculturaModerna.pdf> (Octubre 2016).

**Avelar-Mejía J. J., A. Lara-Herrera, J. J. Llamas-Llamas y M. Luna-Flores (2011)**

Enfermedades del cultivo de chile en Zacatecas. Segundo Foro de Productores de Chile.

- Consejo Estatal de Productores de Chile Zacatecas. Comité Sistema Producto Chile Zacatecas. Zacatecas, México. 127 p.
- Cárdenas R. F. A. (2000)** Investigación agrícola sobre frijol en México durante el periodo 1943 a 1980. *Agricultura Técnica en México* 26:63–78.
- Caro E. M., C. Leyva M. y J. Ríos S. (2014)** Competitividad mundial de la producción de chile verde de México. *Revista de Economía* 31:95–128.
- Castellón-Martínez É., J. L. Chávez-Servia, J. C. Carrillo-Rodríguez y A. M. Vera-Guzman (2012)** Preferencias de consumo de chiles (*Capsicum annuum* L.) nativos en los valles centrales de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(Núm. Esp. 5):27–35.
- Cervantes S. T. y H. Mejía A. (1984)** Maíces nativos del área del Plan Puebla: recolección de plasma germinal y evaluación del grupo tardía. *Revista Chapingo* 9:64–71.
- Duvick D. N. (2005)** Genetic progress in yield of United States Maize (*Zea mays* L.). *Maydica* 50:193-202
- FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division (2013)** Rendimientos de chiles verdes y secos a nivel mundial año 2013. <http://faostat.fao.org/beta/es/#data/QC> (Octubre 2016).
- Fehr W. R. (1991)** Principles of Cultivar Development. Vol. 1. Theory and Technique. Macmillan, New York, USA. 536 p.
- Galindo G. G. (2007)** El servicio de asistencia técnica a los productores de chile seco en Zacatecas. *Convergencia* 14:137–165.
- González E., A. (1990)** Los Tipos de Agricultura y Regiones Agrícolas de México. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 140 p.
- González-Estrada A., B. Larqué S., M. Luján F., R. Rodríguez M., R. Martínez P. y S. Wood (2004)** Impacto económico del mejoramiento genético de chile jalapeño en México. Publicación Técnica No. 12. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D. F., México. 66 p.
- Hernández X. E. (1988)** La agricultura tradicional en México. *Comercio Exterior* 38:673–678.

- Hernández-Verdugo S., P. Dávila A. y K. Oyama (1999)** Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64:65–84.
- Latournerie M. L., J. L. Chávez S., M. Pérez P., G. Castañón N., S. A. Rodríguez H., L. M. Arias R. y P. Ramírez V. (2002)** Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. *Revista Fitotecnica Mexicana* 25:25–33.
- Luna R. J. de J. (2010)** Variedades de chile y producción de semilla. Primer Foro para Productores de Chile. Segundo Foro de Productores de Chile. Consejo Estatal de Productores de Chile Zacatecas. Comité Sistema Producto Chile Zacatecas. Zacatecas, México. 186 p.
- Luna R. J. de J. y O. Vásquez M. (1996)** Perspectivas del mejoramiento genético y la propagación *in vitro* en el cultivo de chile (*Capsicum* spp). *Investigación y Ciencia-Universidad Autónoma de Aguascalientes* 5:2–6.
- Márquez M. L. E. y T. Martínez S. (2007)** La combinación de sistemas agrícolas tradicionales y comerciales, el proceso de conversión en Cruz de Piedra, Estado de México. *Revista de Antropología Iberoamericana* 2:67–90.
- Muñoz O. A. (1990)** Mejoramiento en los nichos ecológicos: nueva dimensión de la genotecnia, integrable a equipos de desarrollo en las comunidades. *In: Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Fitogenética*. SOMEFI. ESAHE. Cd. Juárez, Chih, México. p 318.
- Perry L. and K. V. Flannery (2007)** Precolumbian use of chili peppers in the Valley of Oaxaca, Mexico. *Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America* 104:11905–11909.
- Pickersgill B. (1997)** Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica* 96:129–133.
- Pickersgill B. (2007)** Domestication of plants in the Americas: insights from mendelian and molecular genetics. *Annals of Botany* 100:925–940.
- Reyes C. P. (2000)** Cincuenta años de investigación agrícola de maíz para tierra caliente en México. *Agricultura Técnica en México* 26:49-62

- Reyes R. E., H. Salinas G., A. G. Bravo L. y L. E. Padilla B. (2001)** Tecnología de producción de chile seco en el estado de Zacatecas, México. *Terra* 19:83–88.
- Rodríguez J., B. V. Peña O., A. Gil M., B. Martínez C., F. Manzo y L. Salazar L. (2007)** Rescate *in situ* del chile ‘Poblano’ en Puebla, México. **Revista Fitotecnia Mexicana** 30:25–32.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2015)** Anuario estadístico de la producción agrícola. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp). (Septiembre 2016).
- SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2016)** Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, Primer Trimestre. Núm. 9. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. SAGARPA. Tlalnepantla, Edo. de México, México. 31 p.
- Toledo-Aguilar R., H. López-Sánchez, P. A. López, J. de D. Guerrero-Rodríguez, A. Santacruz-Varela y A. Huerta-de la Peña (2011)** Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de chile “Poblano”. *Revista Chapingo Serie Hortícola* 17:139–150.
- Toledo-Aguilar R., H. López-Sánchez, A. Santacruz-Varela, E. Valadez-Moctezuma, P. A. López, V. H. Aguilar-Rincón, V. A. González-Hernández and H. Vaquera-Huerta (2016a)** Characterization of genetic diversity of native “Ancho” chili populations of Mexico using microsatellite markers. *Chilean Journal of Agricultural Research* 76:18–26.
- Toledo-Aguilar R., H. López-Sánchez, P. A. López, J. de D. Guerrero-Rodríguez, A. Santacruz-Varela y A. Huerta-de la Peña (2016b)** Diversidad morfológica de poblaciones nativas de chile “Poblano”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7:1005–1015.



**CAPÍTULO I. EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CHILE “POBLANO”:  
CARACTERÍSTICAS Y ESTRATIFICACIÓN DE AGRICULTORES<sup>¶</sup>**

**CHAPTER I. PRODUCTION SYSTEM OF “POBLANO” CHILE: CHARACTERISTICS  
AND FARMERS STRATIFICATION**

**Evert Francisco Herrera-Fuentes<sup>1</sup>, Higinio López-Sánchez<sup>1\*</sup>, Pedro Antonio López<sup>1</sup>, Abel  
Gil-Muñoz<sup>1</sup>, Amalio Santacruz-Varela<sup>2</sup>, Rufino Díaz-Cervantes<sup>1</sup> y Víctor Manuel Núñez  
Villada**

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla. Núm. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. C.P. 72760. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230.

\**Autor de correspondencia* (higiniols@colpos.mx)

---

<sup>¶</sup>Artículo científico enviado para su publicación a la Revista Fitotecnia Mexicana.

## 1.1. Resumen

A pesar de que el sistema de producción del chile “Poblano” en Puebla no ha sido descrito se ha reportado que sus rendimientos son bajos; sin embargo, sus causas no se han documentado. El objetivo de este estudio fue describir y analizar el sistema de producción de chile “Poblano” y formular una propuesta de estratificación de agricultores de dicho cultivo. Para ello se aplicó un cuestionario a 54 agricultores de 13 localidades de la región Sierra Nevada de Puebla, en el que se incluyeron variables socioeconómicas y técnico-productivas. Los cuestionarios se analizaron a través de estadística descriptiva, análisis de componentes principales y de conglomerados. Los resultados indican que el 94.4 % de los agricultores cultiva no más de una hectárea de chile “Poblano”, el 100 % utiliza semillas nativas, el 74.07 % produce plántula en “canao” o semilleros, la enfermedad “Secadera”, que causa pudrición de la raíz, es el principal problema fitosanitario, y el rendimiento promedio es de 1.07 t ha<sup>-1</sup> de fruto seco. La variabilidad presente entre los agricultores permitió la definición de cinco grupos y tres subgrupos dentro del Grupo I. Las principales diferencias entre ellos son de carácter familiar, tenencia de tierra en arrendamiento, años cultivando chile “Poblano”, y algunas variables técnico-productivas como el rendimiento, tiempo de secado de frutos, intervalo de deshierbes y fertilización fosfatada en plántula. El cultivo de chile “Poblano” en Puebla se desarrolla en un sistema agrícola en transición de tradicional a convencional, mismo que ha permitido diferenciar grupos de agricultores.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., agricultores, estratificación de agricultores, producción.

## 1.2. Summary

Although the production system of “Poblano” chile in Puebla has not been documented, it has been reported that their yields are low; however, their causes have not been documented. The aim of this study was to describe and analyze the production system of “Poblano” chile and make a stratification proposal of their farmers. An inquest was applied to 54 farmers from 13 localities of the Sierra Nevada region of Puebla, in which socio-economic and technical-productive variables were included. The answers were analyzed using descriptive statistics, principal components and cluster analysis. It was found that 94.4 % of farmers grows no more than one hectare of “Poblano” chile, 100 % use native seeds, 74.07 % produce seedling in “canoe” or seedbeds, the “Secadera”, a “rot root” disease, is the main phytosanitary problem, and the average yield is 1.07 t ha<sup>-1</sup> of dry fruit. The variability among farmers allowed the definition of five groups and three subgroups within Group I. The main differences among them are of family-run, leased land tenure, years cultivating “Poblano” chile, and some technical and productive variables such as yield, fruit drying time, interval of weeding and seedling phosphate fertilization. “Poblano” chile grown in Puebla is developed under an agricultural system in transition from traditional to conventional, which has allowed the differentiation of farmer groups.

Key words: *Capsicum annuum* L., farmers, farmer stratification, production.

### 1.3. Introducción

En la agricultura mexicana, el cultivo de chile es la segunda hortaliza de mayor importancia. Este sub-sistema agrícola mexicano aporta a la producción mundial el 7.4 % del chile fresco, ubicando al país como el segundo mayor productor; asimismo, ocupa el lugar 14 en producción de chile seco, con el 1.7 %. A nivel nacional el rendimiento promedio de chile verde y seco es de 17.2 y 1.8 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Cabe mencionar que en Perú se reporta un rendimiento promedio de chile seco de más de 10 t ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2013). Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas destacan como los estados con mayor producción de chile verde, pues juntos representan el 59.8 % de la producción nacional; mientras que en chile seco, Zacatecas y San Luis Potosí son los mayores productores, ya que contribuyen con el 70.9 % de la producción nacional (SIAP, 2015).

En Puebla el chile “Poblano” o “Mulato” destaca por su importancia culinaria, cultural y por ser una importante fuente de ingreso económico para muchas familias (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016). Sin embargo, en los últimos años ha existido una disminución en el rendimiento de fruto por hectárea. Por ejemplo, las estadísticas más recientes de SAGARPA reportan que para el año 2015 en Puebla se cosecharon 314.3 ha, con un rendimiento promedio de 8.4 t ha<sup>-1</sup> de fruto verde, mientras que en el 2007 fueron 109 ha cosechadas con un rendimiento promedio de 10.3 t ha<sup>-1</sup> de fruto verde. Rodríguez *et al.* (2007) mencionan que en décadas pasadas se lograban rendimientos de casi 25 t ha<sup>-1</sup>. Contreras *et al.* (2011) y Toledo-Aguilar *et al.* (2011) señalan que el declive de este rubro está asociado a la falta de variedades mejoradas y problemas fitosanitarios. Sin embargo, se desconoce qué otros factores del sistema de producción pueden estar influyendo en la baja de los rendimientos. En este sentido, la caracterización del sistema de producción permitirá tener una idea más clara de las condiciones en que se desarrolla este sistema de producción, aportando elementos para poder clasificarlo como tradicional, convencional o en transición, y así poder incidir de manera más eficaz en su mejoramiento.

La caracterización del sistema se realiza con la finalidad de agrupar agricultores que operen de manera similar (Vilaboa y Díaz, 2009), y para llevarla a cabo se recurre a las principales similitudes y diferencias que existen entre ellos. En México existen estudios de caracterización y tipificación de sistemas de producción agrícola en vainilla (Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009), nuez de castilla (Luna-Méndez *et al.*, 2013), jitomate (Cih-Dzul *et al.*, 2011), aguacate (Sangerman-Jarquín *et al.*, 2014) y maíz (Uzcanga *et al.*, 2015). Éstos explican la dinámica socioeconómica y

tecnológica en que se desarrolla cada cultivo; sin embargo, en el cultivo de chile se carece de este tipo de estudios y menos en condiciones donde prevalece una agricultura de baja escala de producción, como es el caso del chile “Poblano” en Puebla. La caracterización del sistema productivo de este cultivo permitirá establecer pautas a posibles estrategias de intervención que ayuden a solucionar los problemas asociados a la producción baja. Por lo tanto, los objetivos de esta investigación fueron (i) describir y analizar el sistema de producción de chile “Poblano” y (ii) formular una propuesta de estratificación de agricultores de dicho cultivo.

## **1.4. Materiales y métodos**

### **1.4.1. Área del estudio y tamaño de muestra**

La producción de chile “Poblano” en el Estado de Puebla se concentra en algunos municipios y localidades ubicados en la región conocida como Sierra Nevada. Para seleccionar los municipios y el número de agricultores a entrevistar se consideró como marco de muestreo un listado de 60 agricultores participantes en el Sistema Producto Chile “Poblano” del Estado de Puebla (L. Ramírez, Com. Pers.)<sup>1</sup>; con base en ese listado se aplicó un cuestionario a 54 agricultores de nueve municipios, buscando cubrir el total de productores registrados en el sistema ya señalado. Los productores finalmente entrevistados radican en 13 comunidades de los nueve municipios (Figura 1.1). Estas localidades son representativas de la región productora de chile “Poblano” a lo largo de la Sierra Nevada.

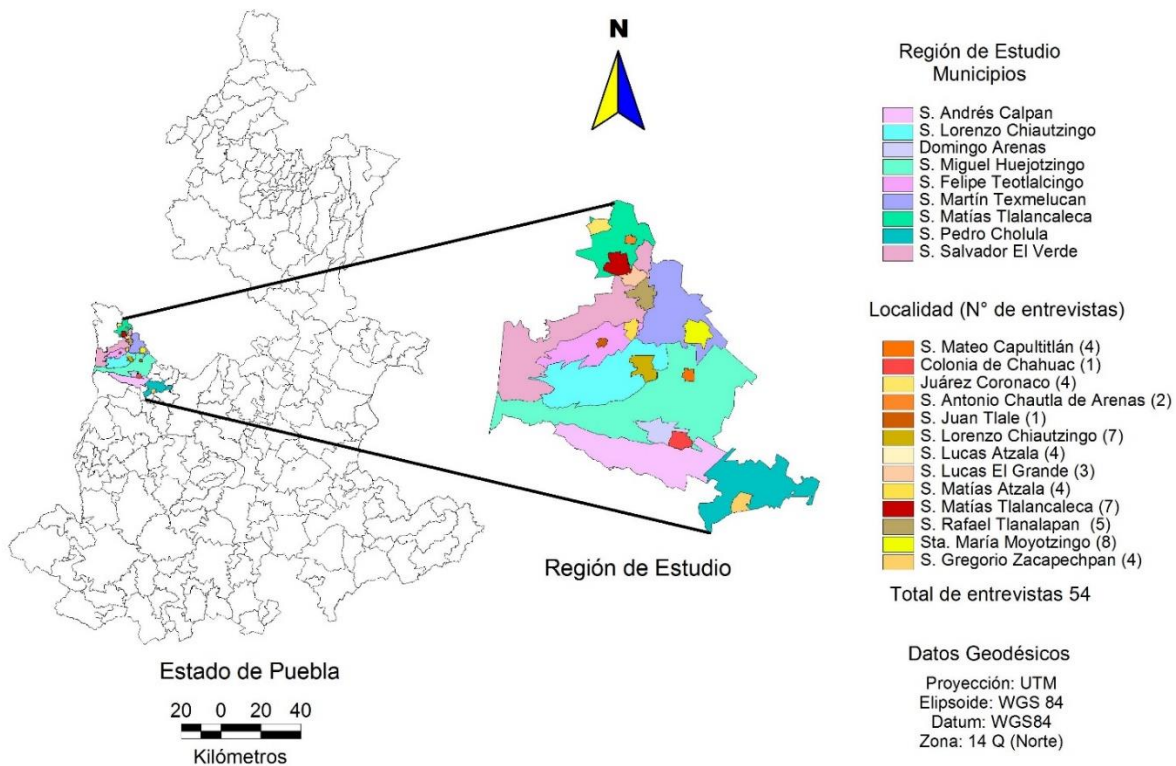
### **1.4.2. Variables estudiadas**

**Variables socioeconómicas:** edad del agricultor, nivel educativo, número de integrantes por familia, número de integrantes de la familia que apoyan las actividades del cultivo de chile “Poblano”, tiempo dedicado a la agricultura, tenencia de la tierra, destino de la producción y años cultivando chile “Poblano”. **Variables técnico-productivas:** tipos de semilla utilizada, forma de obtención de plántula, fertilización, intervalo de días entre deshierbes, tiempo de secado de frutos maduros, condiciones de humedad durante el ciclo del cultivo, problemas fitosanitarios más comunes, promedio de plaguicidas utilizados y rendimiento de fruto seco. Además se consideró el

---

<sup>1</sup> Comunicación Personal. Sr. Leopoldo Ramírez Morales. Representante del Sistema Producto de Chile “Poblano” del Estado de Puebla.

número de jornales utilizados en las actividades más importantes durante el ciclo del cultivo (trasplante, deshierbe, fertilización, aplicación de plaguicidas, riego y cosecha).



**Figura 1.1. Municipios, localidades y número de entrevistas aplicadas a agricultores de Chile “Poblano” en la Sierra Nevada de Puebla, 2016.**

### 1.4.3. Análisis estadístico

Usando estadística descriptiva se explicaron las generalidades más importantes del sistema de producción de Chile “Poblano”. Para estratificar a los agricultores de este sistema agrícola, primeramente se realizó un análisis de componentes principales y se seleccionaron las variables que explicaron la mayor proporción de la variación, con las cuales se realizó un análisis de conglomerados, éste último con base en la matriz de distancias euclidianas y agrupando con el método de Ward. Se aplicó análisis de varianza univariado y multivariado, así como pruebas de medias (Tukey 0.05) a los grupos definidos por el análisis de conglomerados, para constatar las

diferencias estadísticas. El mismo análisis se realizó a las variables de fertilización sintética y cantidad de plaguicidas utilizados para complementar la descripción de los grupos. Para realizar estos análisis se utilizó el programa SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., 2013).

## **1.5. Resultados**

### **1.5.1. Generalidades del sistema de producción chile “Poblano”**

El sistema de producción de chile “Poblano” en el estado de Puebla está representado por pequeños agricultores que tienen en promedio 2.3 ha de terrenos propios, aunque sólo una pequeña parte de ellos la destinan a la producción de chile. Los agricultores de este sistema de producción son de edad avanzada, pues aunque su intervalo de edad fluctúa de 25 a 82 años, su promedio es de 55 años. La mayoría de los agricultores (83.3 %) cuentan con escolaridad baja, ya que el 62.9 % tiene estudios de primaria, el 20.4 % de secundaria, el 3.7 % de preparatoria, el 3.7 % de estudios técnicos y el 5.6 % de licenciatura; el resto (3.7 %) no tiene nivel escolar alguno.

La unidad familiar no es grande ya que se conforma en promedio por cinco integrantes. La pluriactividad en este sistema es baja, pues el 88.9 % son agricultores de tiempo completo. El 98.1 % considera que su actividad agrícola es para fines de consumo familiar y venta.

El área destinada para el cultivo de chile “Poblano” es pequeña, ya que el 94.4 % de los agricultores utiliza menos de una hectárea. Los datos precisos son los siguientes: el 18.5 % cultiva menos de media hectárea, el 40.7 % de 0.5 a 0.75 ha, el 35.2 % cultiva 1 ha y el 5.6 % cultiva de 2 a 2.5 ha.

El uso de semilla y la producción de plántula son propios de un sistema tradicional: el 100 % de los agricultores utiliza semillas nativas, aunque el 1.8 % de ellos también usa semillas mejoradas. El 74.07 % de los agricultores entrevistados realiza la producción de plántula en “canao” o semillero (almácigos a cielo abierto), el 14.81 % en charolas, el 9.26 % compra plántula y el 1.85 % siembra en bolsas negras para viveros. La época de trasplante generalmente es entre los primeros días del mes de marzo e inicios de abril. Característico también de los sistemas tradicionales es el muy bajo rendimiento de fruto seco, ya que el promedio de rendimiento fue de  $1.07 \text{ t ha}^{-1}$ .

Además de lo anterior la fertilización no es adecuada, ya que aunque el 98.15 % utiliza nitrógeno, el 77.8 % aplica fósforo y el 44.5 % aplica potasio, en promedio las cantidades utilizadas son bajas (98, 78, y 15 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K, respectivamente) (Cuadro 1.2). Es importante mencionar que el 34.4 % del total de agricultores aplican estiércol de corrales durante la preparación del suelo para complementar la fertilización sintética, de los cuales el de bovino es el más utilizado.

Aun y cuando el 94.4 % de los agricultores cultivan en condiciones de temporal, el agua no es una limitante ya que en promedio se utilizan cuatro riego de auxilio durante el ciclo del cultivo, siendo el riego por gravedad el más utilizado (92.5 %). El agua de riego se usa más en los municipios de Domingo Arenas, San Andrés Calpan y San Pedro Cholula, pues aplican de seis a 12 riegos, debido principalmente al tipo de suelo arenoso que existe en tales municipios. El exceso de agua propicia la presencia de problemas fitosanitarios relacionados principalmente con hongos de suelo. Damping off es el principal problema en la etapa de plántula, mientras que la enfermedad conocida como “Secadera” (*Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*) lo es después del trasplante y durante la etapa de desarrollo. Durante la etapa de desarrollo también se reporta la incidencia de pudrición acuosa de frutos y de la plaga del chapulín (*Sphenarium purpurascens* Ch.).

De los 121 jornales utilizados para desarrollar las principales actividades del cultivo de chile “Poblano”, la mayor cantidad (61 %) se utiliza para el deshierbe (44 jornales) y la cosecha (30 jornales). La preparación del terreno requiere dos jornales, la producción de plántula seis, el trasplante 12, la aplicación de fertilizantes siete y la de plaguicidas 13, mientras que para el riego se requieren siete jornales.

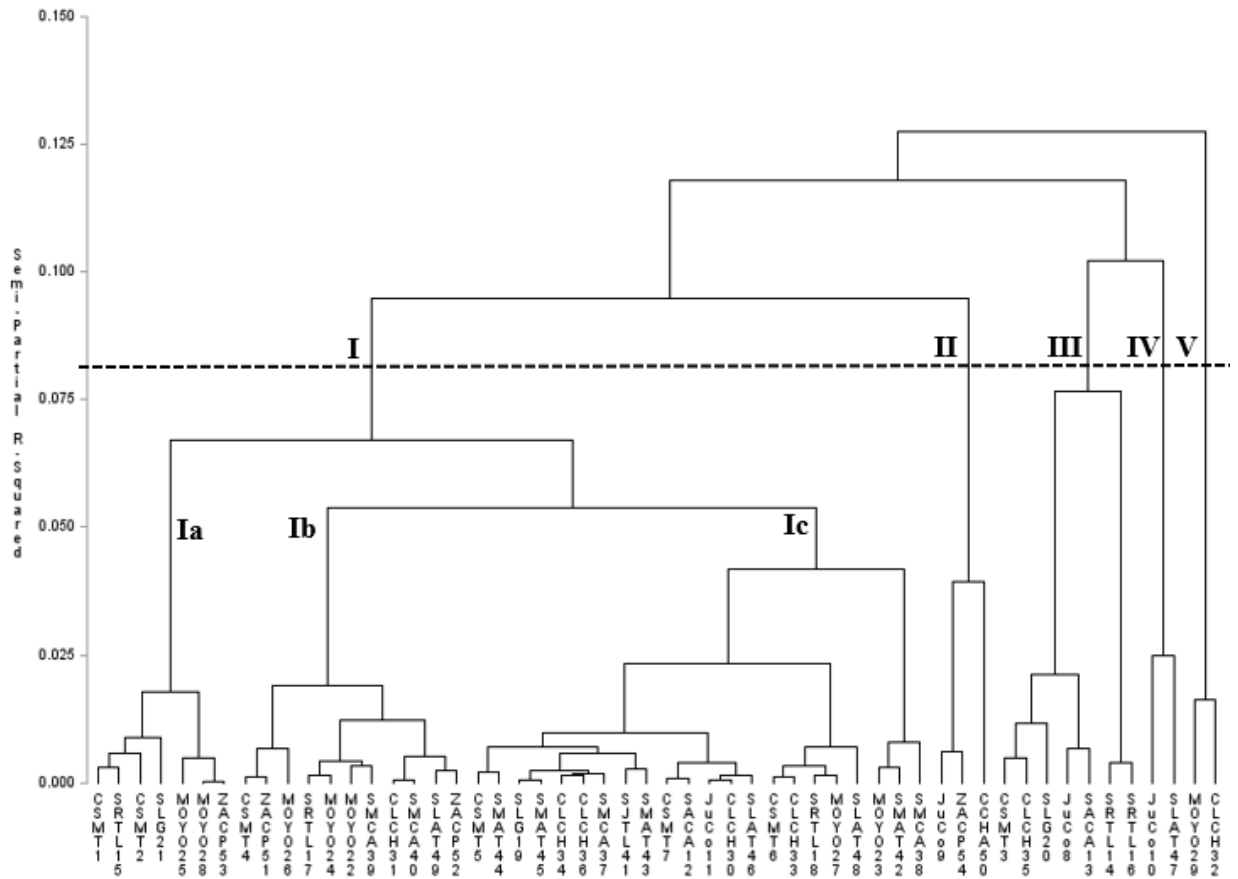
### **1.5.2. Estratificación de agricultores de chile “Poblano” en la Sierra Nevada de Puebla**

El análisis de componentes principales (CP) mostró que en el sistema de producción de chile “Poblano” las principales diferencias entre agricultores se deben a características socioeconómicas y técnico-productivas. Los primeros tres CP explicaron el 48.04 % de la variación total existente. El primer CP explicó el 18.54 % de la variación total, principalmente a través de las variables intervalo de días entre deshierbes, tiempo dedicado a la agricultura y el destino de la producción. El segundo CP explicó el 15.28 % de la variación total, con mayor influencia de las variables



superficie de tierra en arrendamiento, número de miembros de la familia que apoyan las actividades del cultivo de chile “Poblano” y el rendimiento de fruto seco, mientras que el tercer CP explicó el 14.23 % de la variación total, que incluye a las variables años cultivando chile “Poblano”, tiempo de secado de frutos maduros y cantidad de fósforo aplicado durante la producción de plántula (g m<sup>2</sup>).

La formación de cinco grupos de agricultores y de tres subgrupos dentro del Grupo I se muestra en la Figura 1.2. No existió un patrón de agrupamiento entre agricultores de una misma localidad; sin embargo, en algunos grupos sí se incluyen al menos dos agricultores de una misma localidad.



**Figura 1.2. Agrupación de agricultores de chile “Poblano” en la Sierra Nevada de Puebla.**

El análisis de varianza univariado y el multivariado de los grupos de agricultores mostró diferencias estadísticas para casi todas las variables consideradas (datos no mostrados). Las medias de las variables utilizadas para la formación de los grupos se muestran en el Cuadro 1.1. La diferencia entre los grupos exhibe la heterogeneidad que existe entre los grupos de agricultores del sistema de producción de chile “Poblano” en Puebla.

El Grupo I, formado por agricultores dedicados de tiempo completo a la agricultura, se dividió en tres sub-grupos. El Sub-grupo Ia, que se conformó de siete agricultores (13 % del total), se distingue principalmente por agrupar a los agricultores que tienen mayor tiempo (51 años) cultivando chile “Poblano”, y que obtienen un rendimiento promedio de 995.4 kg ha<sup>-1</sup>. El Sub-grupo Ib, representa el 20.4 % de los agricultores, se distingue principalmente por promediar el más alto rendimiento de todos los grupos (1781.3 kg ha<sup>-1</sup>). El Sub-grupo Ic, que representa el 40.7 % de los agricultores, promedió el rendimiento más bajo (715 kg ha<sup>-1</sup>).

El Grupo II, conformado por el 5.5 % de los agricultores dedicados de tiempo completo a la agricultura, se distingue de los demás por promediar el mayor número de integrantes de la familia (siete miembros) que apoyan en las actividades relacionadas con el cultivo de chile “Poblano”, por tener el menor promedio de años cultivando chile “Poblano” (13.3 años) y por tener un mayor promedio de días para el secado de frutos maduros (36.7 días). El rendimiento promedio en este grupo fue de 807.3 kg ha<sup>-1</sup>.

El Grupo III, que representa el 13 % de los agricultores, se distingue principalmente por agrupar agricultores que rentan la mayor superficie de tierra (6 ha), y por emplear el menor número de días para el secado de frutos maduros (14.7 días). El rendimiento promedio en este grupo fue de 1166 kg ha<sup>-1</sup>.

El Grupo IV, que agrupa al 3.7 % de los agricultores, se distingue principalmente porque los agricultores no rentan tierra para desarrollar sus actividades agrícolas y porque son los que aplican la mayor cantidad de fósforo en la etapa de producción de plántula de chile (315 g m<sup>2</sup>). El rendimiento promedio en este grupo fue de 1504.5 kg ha<sup>-1</sup>.

El Grupo V, que aglomeró al 3.7 % de los agricultores dedicados de tiempo completo a la agricultura, se caracterizan por no aplicar fósforo en forma de fertilizante durante la producción de plántula, porque tienen los mayores intervalos de días entre cada deshierbe del cultivo (37.5

días), porque el tiempo de secado de frutos maduros en promedio es de 15 días, y además porque el principal destino de la producción es la venta. El rendimiento promedio en este grupo fue de 1156 kg ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 1.1. Medias de variables que influyen en la mayor variación de los grupos de agricultores del sistema de producción de chile “Poblano” en la Sierra Nevada de Puebla.**

Grupo	Variables								
	Socioeconómicas					Técnico-productivas			
	P1 <sup>†</sup>	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Ia	1.0 b	2.3 b	0.5 a	51.0 a	3.0 a	12.1 b	20.7 b	17.3 b	995.4 a
Ib	1.0 b	2.4 b	1.2 a	19.5 b	3.0 a	2.8 b	24.1 a	24.1 a	1781.3 a
Ic	1.0 b	1.9 b	1.1 a	17.4 b	3.0 a	3.0 b	28.5 a	21.6 a	715.0 b
II	1.0 b	7.0 a	5.0 a	13.3 c	3.0 a	1.6 b	30.0 a	36.7 a	807.3 a
III	1.7 a	2.3 b	6.0 a	16.7 c	3.0 a	7.5 b	21.4 b	14.7 b	1166.0 a
IV	1.5 a	3.0 b	0.0 a	40.0 a	3.0 a	315.0 a	22.5 a	25.0 a	1504.5 a
V	1.0 b	3.5 b	1.0 a	14.5 c	2.0 b	0.0 b	37.5 a	15.0 b	1156.0 a

<sup>†</sup>P1: tiempo dedicado a la agricultura, P2: número de integrantes de la familia que apoyan las actividades del cultivo de chile “Poblano”, P3: superficie en arrendamiento (ha), P4: años cultivando chile “Poblano”, P5: destino de la producción, P6: dosis de fertilización fosfatada en plántula (g m<sup>-2</sup>), P7: intervalo de días entre deshierbes, P8: tiempo de secado de frutos maduros (días), y P9: rendimiento de fruto seco (kg ha<sup>-1</sup>). <sup>††</sup>Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Otro aspecto a considerar dentro del sistema de producción de chile “Poblano” es la nutrición y uso de plaguicidas (Cuadro 1.2). Los promedios de la fertilización sintética que se aplican en cada grupo indican que es menor a lo que demanda el cultivo. Los agricultores del Grupo IV aplican la dosis más alta de nitrógeno (182 kg h<sup>-1</sup>) y fósforo (177 kg h<sup>-1</sup>), y los del grupo V no aplican potasio. Asimismo, la cantidad de fertilizantes foliares utilizados es baja. El estiércol bovino es utilizado por agricultores del Sub-grupo Ib (un agricultor aplica 0.5 t ha<sup>-1</sup> y otro 100 t ha<sup>-1</sup>), del Sub-grupo Ic (dos agricultores aplican 10 t ha<sup>-1</sup> y otros tres aplican 8, 10 y 32 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente), del Grupo II (un agricultor, que aplica 50 t ha<sup>-1</sup>) y del Grupo III (un agricultor aplica 13 t ha<sup>-1</sup> y otro 100 t ha<sup>-1</sup>). El abono ovino es aplicado por agricultores de los grupos Ib (un agricultor aplica 0.5 y otro 1.5 t ha<sup>-1</sup>) y IV (un agricultor, que aplica 1 t ha<sup>-1</sup>). La gallinaza es aplicada por agricultores de los grupos Ia (un agricultor aplica 3.5 t ha<sup>-1</sup> y otro 6 t ha<sup>-1</sup>), Ib (un

agricultor, que aplica 4 t ha<sup>-1</sup>) y V (un agricultor, que aplica 3 t ha<sup>-1</sup>). Por lo anterior, la fertilización realizada en el sistema de producción de chile “Poblano” se considera insuficiente.

Los plaguicidas se emplean fundamentalmente para enfrentar los problemas de enfermedades. En promedio se aplican cinco productos, con un mínimo de dos veces durante el ciclo de cultivo.

**Cuadro 1.2. Fertilización sintética aplicada en campo y cantidad de plaguicidas usados por los grupos de agricultores del sistema de producción de chile “Poblano” en la Sierra Nevada de Puebla.**

Variables	Grupos							Promedio general
	Ia	Ib	Ic	II	III	IV	V	
N (kg h <sup>-1</sup> )	117	93	81	72	73	182	71	98
P (kg h <sup>-1</sup> )	43	71	70	45	42	177	69	74
K (kg h <sup>-1</sup> )	10	21	13	25	17	22	0	15
Fertilizantes foliares aplicados (unidades)	1	1	1	1	2	0	2	1
Plaguicidas aplicados (unidades)	4	5	5	5	9	5	3	5

N: nitrógeno, P: fósforo, K: potasio.

## 1.6. Discusión

La agricultura de la región conocida como el Valle de Puebla del Estado de Puebla se caracteriza por ser principalmente de temporal, con agricultores de edad avanzada y con un nivel educativo bajo, además de imperar el minifundio en la región (Osorio-García *et al.*, 2015). Considerando lo anterior, el sistema de producción de chile “Poblano” de la Sierra Nevada de Puebla no se exime de esas particularidades, y se puede considerar como una transición entre lo tradicional y convencional. Lo anterior se debe a que el sistema está integrado por pequeños agricultores, que en promedio tienen menos de una hectárea cultivada con chile “Poblano”, cultivada con mano de obra familiar, con semillas nativas y con un plan de fertilización inapropiado, lo que origina rendimientos de fruto seco muy bajos, cuya producción se destina principalmente al consumo familiar y a la venta en mercados locales, aunando a prácticas que prevalecen en la agricultura convencional tecnificada como el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos y el riego por gravedad en forma predominante.

La nutrición es uno de los factores que están incidiendo en los rendimientos promedio de 1.07 t ha<sup>-1</sup> de fruto seco, que es más bajo que el promedio nacional 1.8 t ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2013). Una de las causas son las bajas cantidades aplicadas de N–P–K. En estudios previos se ha reportado que la aplicación de mayores cantidades de macronutrientes favorece el rendimiento de fruto. Toledo-Aguilar *et al.* (2011), al estudiar poblaciones de chile “Poblano” en la región Sierra Nevada de Puebla, aplicaron dosis de 140N–80K–60P kg ha<sup>-1</sup> y obtuvieron rendimientos desde 1.6 hasta 9.6 t ha<sup>-1</sup> de fruto seco. En el sistema de producción de chile “Poblano” la principal deficiencia nutrimental es en potasio. El requerimiento macronutricional del cultivo de chile como base para el cálculo de fertilización (en kg t<sup>-1</sup>) indica que demanda la cantidad de 3.4 a 5.29 de K<sub>2</sub>O, de 2.4 a 4.0 de N y de 0.4–1.0 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Salazar-Jara y Juárez-López, 2013). La fertilización edáfica se debe complementar con la aplicación de fertilizantes foliares ya que estos permiten corregir las deficiencias y requerimientos nutrimentales que no se logran cubrir con la fertilización edáfica (Trinidad y Aguilar, 2000). Adicionalmente, el estiércol es otra opción para complementar la fertilización al suelo; sin embargo, en ambos casos las cantidades utilizadas en la región son insuficientes. Es conveniente señalar que se carece de estudios *ex profeso* para determinar las dosis adecuadas de fertilización para este cultivo.

La enfermedad “Secadera” no es exclusiva de esta región, es un problema a nivel mundial (Castro-Rocha *et al.*, 2016), considerada como el factor fitosanitario más importante que limita la producción de chile. Esta se presenta en los meses cálidos y época de lluvias (Castro *et al.*, 2012) y se puede incrementar a causa de un excesivo riego por gravedad (Morán-Bañuelos *et al.*, 2010). Las anteriores condiciones se presentan en la región productora de chile “Poblano” del estado de Puebla, ya que generalmente la producción se realiza en condiciones de temporal con riego de auxilio, predominando el riego por gravedad, lo que favorece la diseminación de los patógenos que generan esta enfermedad. Aun y cuando se usan fungicidas éstos no son efectivos pues su aplicación es cuando el daño es evidente en la planta. Los problemas fungosos también se presentan durante la producción de la plántula, pues ésta se realiza mayormente a través de semillero o “canao”, aunada a la selección inapropiada de la semilla utilizada para el siguiente ciclo de producción, ya que generalmente se escogen en casa de frutos a granel y no se sabe si éstos provienen de plantas enfermas; situación similar ocurre en el estado de Zacatecas (Galindo, 2007).

En Zacatecas el cultivo de chile requiere en promedio 150 jornales/ha/año (Aguilar y Esparza, 2010). En Puebla se utilizan 121 jornales/ha/año, aportados principalmente con mano de obra familiar, aunque para la preparación del terreno, trasplante, deshierbe y cosecha se utiliza mano de obra contratada.

En Puebla también existe otro aspecto importante que determina el estado actual del nivel tecnológico del cultivo de chile “Poblano”, y es la falta de una política agrícola pública para este rubro, a pesar de su importancia cultural y socioeconómica en la región (Rodríguez *et al.*, 2007). Una consecuencia es la poca o casi nula asistencia técnica que tienen los agricultores, provocando una dependencia total de las recomendaciones que brindan las casas comerciales de agroquímicos establecidas en la región.

Las diferencias entre grupos de agricultores dentro de un sistema agrícola generalmente son de orden socioeconómico y técnico-productivo (Luna-Méndez *et al.*, 2013); ello también se cumplió en el presente estudio, pues las variables que el análisis de Componentes Principales detectó como más relevantes para explicar la variación observada entre agricultores del sistema de producción de chile “Poblano” de la Sierra Nevada de Puebla pertenecieron a ambas categorías.

Los cinco grupos de agricultores identificados en esta investigación se diferencian principalmente en aspectos socioeconómicos como: a) el tiempo que dedican a la agricultura, encontrándose que el 11.1 % son agricultores de tiempo parcial porque se dedican a otras actividades (principalmente de jornalero, tractorista agrícola y albañil); Osorio-García *et al.* (2015) y Damián *et al.* (2009) también reportaron la pluriactividad al estudiar la dinámica de producción de agricultores de maíz; b) el número de integrantes de la familia que apoyan en las actividades del cultivo de chile “Poblano” influyó en la diferenciación de grupos debido a que el tamaño de las mismas varía; sin embargo, se debe destacar que el tamaño de la familia es un componente clave en la estrategia de producción de la unidad familiar (Viveros-Flores *et al.*, 2010); por lo tanto, en las unidades de producción pequeñas (como las dedicadas a la producción de chile “Poblano”) es necesario que más miembros estén involucrados para lograr mayores niveles de producción y disminuir los costos por mano de obra contratada; c) superficie en arrendamiento, pues aun cuando los agricultores en el valle de Puebla cuentan con superficies pequeñas de siembra (Osorio-García *et al.*, 2015) tienen diferentes necesidades de producción agrícola, por lo que recurren al arrendamiento; d) años cultivando chile “Poblano”, variable relacionada con la edad de los

agricultores, en donde generalmente los que tienen mayor edad son los que tienen más tiempo dedicados al cultivo de chile “Poblano”; y e) el destino de la producción, siendo mayormente con fines de consumo familiar y venta en mercados locales, aunque los agricultores del Grupo V consideran que su principal objetivo es la venta.

Las principales diferencias técnico-productivas entre grupos se deben a que cada agricultor proporciona un manejo agronómico particular en los diferentes aspectos del cultivo, producto de su experiencia con el mismo. Por ejemplo, el intervalo de días entre deshierbes varía porque la cantidad de deshierbes realizados al cultivo difiere entre agricultores; cabe resaltar que un mayor número de deshierbes genera a las familias mayores costos en jornales. La fertilización fosfatada en plántula difiere porque generalmente los agricultores utilizan diferentes formulaciones sintéticas de fertilizantes y por tanto aplican diferentes cantidades, además también influyen los resultados obtenidos al aplicar cierta cantidad en años previos. El tiempo de secado de los frutos maduros difiere porque las poblaciones criollas de chile “Poblano” que manejan los agricultores presentan variabilidad en espesor del pericarpio, largo y ancho de los frutos (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016); por lo tanto, frutos con mayor espesor van a requerir más tiempo de secado, que también depende del estado de madurez fisiológica en que sean cortados los frutos. El rendimiento diferenciado que obtienen los agricultores refleja de cierta manera el manejo agronómico propio que le da cada agricultor al cultivo. Por otra parte, la conformación de grupos de agricultores de diferentes localidades, aparte de resaltar la heterogeneidad socioeconómica y técnico-productiva que existe entre ellos, destaca la importancia que reviste una caracterización de los agricultores a nivel regional para atender las necesidades de manera diferenciada.

## **1.7. Conclusiones**

El cultivo de chile “Poblano” en la Sierra Nevada de Puebla se desarrolla en un sistema agrícola en transición de tradicional a convencional. Las características o actividades que se asocian al sistema tradicional son su cultivo en menos de una hectárea, con mano de obra familiar y contratada, con semillas nativas y con un plan de fertilización inapropiado, por lo que obtienen rendimientos de fruto seco bajos, cuya producción se destina principalmente al consumo familiar y a la venta en mercados locales. Las prácticas encontradas en este estudio que se asocian a la agricultura convencional tecnificada son el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos y riego por

gravedad en forma predominante. La estratificación de agricultores de Chile “Poblano” sugiere la posibilidad de atender de manera diferenciada a pequeños grupos de agricultores a nivel regional.

### **Agradecimientos**

A los agricultores de Chile “Poblano” de la región Sierra Nevada de Puebla que fungieron como facilitadores de información para que se pudiera llevar a cabo este estudio. Al Dr. Nicolás Pérez Ramírez, por la elaboración del mapa de las localidades donde se aplicó la encuesta.

### **1.8. Literatura citada**

**Aguilar H. R. y G. Esparza F. (2010)** Situación y perspectivas de la producción de Chile seco en Zacatecas. *Revista de Geografía Agrícola* 45:19–38.

**Barrera-Rodríguez A. I., B. E. Herrera-Cabrera, J. L. Jaramillo-Villanueva, J. S. Escobedo-Garrido y A. Bustamante-González (2009)** Caracterización de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* A.) bajo naranjo y en malla sombra en el Totonacapan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:199–212.

**Castro R. A., S. P. Fernández P. y P. Osuna Á. (2012)** Mecanismos de defensa del Chile en el patosistema *Capsicum annuum-Phytophthora capsici*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 30:49–65.

**Castro-Rocha A., S. Shrestha, B. Lyon, G. L. Grimaldo-Pantoja, J. P. Flores-Marges, J. Valero-Galván, M. Aguirre-Ramírez, P. Osuna-Ávila, N. Gómez-Dorantes, G. Ávila-Quezada, J. de J. Luna-Ruíz, G. Rodríguez-Alvarado, S. P. Fernández-Pavía and K. Lamour (2016)** An initial assessment of genetic diversity for *Phytophthora capsici* in northern and central Mexico. *Mycological Progress* 15:1-12.

**Cih-Dzul I. R., J. L. Jaramillo-Villanueva, M. A. Tornero-Campante y R. Schwentesius-Rindermann (2011)** Caracterización de los sistemas de producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Estado de Jalisco, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14:501–512.



- Contreras T. A. R., H. López S., A. Santacruz V., E. Valadez M., V. H. Aguilar R., T. Corona T. y P. A. López (2011)** Diversidad genética en México de variedades nativas de Chile “Poblano” mediante microsatélites. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34:225–232.
- Damián H. M. Á., B. Ramírez V., F. Parra I., J. A. Paredes S., A. Gil M., J. F. López O. y A. Cruz L. (2009)** Estrategias de reproducción social de los productores de maíz de Tlaxcala. *Estudios sociales* 17:111–146.
- FAO/STAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division (2013)** Estadísticas de la producción mundial de Chile. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. <http://faostat.fao.org/beta/es/#data/QC> (Mayo 2016).
- Galindo G. G. (2007)** El servicio de asistencia técnica a los productores de Chile seco en Zacatecas. *Convergencia* 14:137–165.
- Luna-Méndez N., J. L. Jaramillo-Villanueva, J. Ramírez-Juárez, S. Escobedo-Garrido, A. Bustamante-González y G. Campos-Ríos (2013)** Tipología de unidades de producción de nuez de castilla en sistema de producción tradicional. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 10:283–303.
- Morán-Bañuelos S. H., V. H. Aguilar-Rincón, T. Corona-Torres y E. Zavaleta-Mejía (2010)** Resistencia a *Phytophthora capsici* Leo. de chiles nativos del sur de Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33:21–26.
- Osorio-García N., H. López-Sánchez, B. Ramírez-Valverde, A. Gil-Muñoz y N. Gutiérrez-Rangel (2015)** Producción de maíz y pluriactividad de los campesinos en el Valle de Puebla, México. *Revista Electrónica Nova Scientia* 7:577–600.
- Rodríguez J., B. V. Peña O., A. Gil M., B. Martínez C., F. Manzo y L. Salazar L. (2007)** Rescate *in situ* del Chile ‘Poblano’ en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30:25–32.
- Salazar-Jara F. I. y P. Juárez-López (2013)** Requerimiento macronutricional en plantas de Chile (*Capsicum annuum* L.). *Revista Bio Ciencias* 2:27–34.

- Sangerman-Jarquín D. M., B. S. Larqué-Saavedra, J. M. Omaña-Silvestre, R. Schwenstesius de Rinderman y A. Navarro-Bravo (2014)** Tipología del productor de aguacate en el estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5:1081–1095.
- SAS Institute Inc. (2013)** SAS Version 9.4. Statistical Analysis System Institute. Cary, NC, USA.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2015)** Producción nacional de chile verde y seco en México. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaria de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp). (Septiembre 2016).
- Toledo-Aguilar R., H. López-Sánchez, P. A. López, J. de D. Guerrero-Rodríguez, A. Santacruz-Varela y A. Huerta-de la Peña (2016)** Diversidad morfológica de poblaciones nativas de Chile “Poblano”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7:1005–1015.
- Toledo-Aguilar R., H. López-Sánchez, P. A. López, J. de D. Guerrero-Rodríguez, A. Santacruz-Varela y A. Huerta-de la Peña (2011)** Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de Chile “Poblano”. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17:139–150.
- Trinidad S. A. y D. Aguilar M. (2000)** Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra* 17:247–255.
- Uzcanga P. N. G., A. de J. Cano G., J. Medina M. y J. de J. Espinoza A. (2015)** Caracterización de los productores de maíz de temporal en el estado de Campeche, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 19:1295–1305.
- Vilaboa A. J. y P. Díaz R. (2009)** Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical* 27:427–436.
- Viveros-Flores C. E., A. Gil-Muñoz, P. A. López, B. Ramírez-Valverde, J. de D. Guerrero-Rodríguez y A. Cruz-León (2010)** Patrones de utilización de maíz en unidades de producción familiar del valle de Puebla, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12:471–484.

## **CAPÍTULO II. SELECCIÓN Y VARIABILIDAD FENOTÍPICA DE LÍNEAS S<sub>3</sub> DERIVADAS DE UNA POBLACIÓN CRIOLLA DE CHILE “POBLANO”**

**Evert Francisco Herrera-Fuentes<sup>1</sup>, Higinio López-Sánchez<sup>1\*</sup>, Pedro Antonio López<sup>1</sup>, Abel Gil-Muñoz<sup>1</sup>, Amalio Santacruz-Varela<sup>2</sup>, Rufino Díaz-Cervantes<sup>1</sup>, Luis Flores Pérez<sup>1</sup> y José Hernández Cortés<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla. Núm. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. C.P. 72760. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230.

*\*Autor de correspondencia* (higiniols@colpos.mx).

## 2.1. Resumen

Se sabe que existe una amplia variabilidad fenotípica en las poblaciones criollas de Chile “Poblano” (*Capsicum annuum* L.), la cual hasta ahora no ha sido aprovechada en programas de mejoramiento genético. Ante esta situación los objetivos del estudio fueron determinar la existencia de líneas sobresalientes en una población criolla de Chile “Poblano” y dilucidar la existencia de grupos de líneas por la diversidad que les confiere su origen. Dos diseños Látice 10×10 y uno 6×6 permitieron evaluar 227 líneas S<sub>3</sub> derivadas a través del Método de Descendencia de un Solo Fruto de una población criolla sobresaliente de Chile “Poblano”. Se registraron 16 variables para medir su fenología, etapa vegetativa, características del fruto, así como el rendimiento de fruto seco. Se realizó análisis de varianza, prueba de comparación de medias (DMS, 0.05), así como análisis multivariado de componentes principales y de conglomerados. Más del 85 % de las líneas evaluadas presentaron diferencias estadísticas entre ellas en todas las variables estudiadas. De las 227 líneas evaluadas se seleccionaron 17 por ser mejores que los testigos en caracteres fenológico, vegetativos y de componentes de rendimiento. Las líneas sobresalientes se consideran precoces, intermedias y tardías, con un rendimiento entre 4.02 y 7.11 t ha<sup>-1</sup>. Con las 227 líneas se definieron cinco grupos estadísticamente diferentes cuya variación principal fue en caracteres de planta, fenología, sanidad y de componentes de rendimiento. El método de descendencia de un solo fruto en Chile es una opción viable para aprovechar la variabilidad genética existente dentro de poblaciones criollas sobresalientes y generar líneas que puedan ser utilizadas para la formación de nuevos cultivares.

Palabras clave: Descendencia de un solo fruto, fitomejoramiento, líneas endogámicas, población criolla, rendimiento, variación genética.

## 2.2. Summary

It is known that there is a wide phenotypic variability in creole “Poblano” chile populations (*Capsicum annuum* L.), which so far has not been exploited in plant breeding programs. In this situation the objectives of this research were to determine the existence of outstanding lines in a creole “Poblano” chile population and elucidate the existence of groups of lines by the diversity that gives them their origin. Two lattice designs 10×10 and one 6×6 allowed the evaluation of 227 S3 inbred lines derived through the Descent from a Single Fruit Method (DSFM) of an outstanding creole population of “Poblano” chile. Sixteen phenological, vegetative, fruit and dry fruit yield variables were registered. An analysis of variance, mean comparison test (LSD, 0.05), as well as a multivariate principal component and cluster analyses were performed. More than 85 % of the evaluated inbred lines showed statistical differences between them in all the studied variables. From 227 inbred lines evaluated, 17 were selected for being better than the checks in phenological, vegetative and yield component characters. The outstanding lines are considered early, intermediate and late flowering, with a yield between 4.02 and 7.11 t ha<sup>-1</sup>. With the 227 lines, five statistically different groups whose main variation was in characters of plant phenology, health and yield components were defined. The DSFM in chile is a viable way to take advantage of existing genetic variability within outstanding creole populations and to generate lines that can be used for the development of new cultivars.

Key words: Descent of a single fruit, genetic variation, inbred lines, creole population, plant breeding, yield.

### 2.3. Introducción

Se conocen cinco especies domesticadas del genero *Capsicum*; *C. annuum* L., *C. frutescens* L., *C. chinense* Jacq., *C. pubescens* R & P. y *C. baccatum* L., aunque se estima que existen alrededor de 30 especies (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999). *Capsicum annuum* L. es la especie con mayor importancia económica en el mundo (Pickersgill, 2007), misma que tiene su centro de domesticación en México (Pickersgill, 1997) y es ahí donde se encuentra la mayor diversidad genética de esta especie.

México es el segundo mayor productor de chile verde en el mundo, con un aporte del 7.4 % de la producción mundial; sin embargo ocupa el lugar 14 en producción de chile seco, con un aporte del 1.7 % de la producción mundial. Los rendimientos también son bajos pues se registra un rendimiento promedio de chile verde y seco de 17.2 y 1.8 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (FAOSTAT, 2013). Para ser más competitivo es necesario incrementar los rendimientos, donde una componente son las variedades mejoradas; sin embargo, en el país existen registradas 37 variedades mejoradas de nueve tipos de chile, de éstas sólo dos son de tipo “Poblano” o “Mulato” (SNICS, 2016), aunque también existen variedades mejoradas que son comercializadas por compañías semilleras privadas.

En México las principales estrategias de mejoramiento genético de chiles han sido la introducción y la selección de líneas puras (Luna y Vásquez, 1996) y en menor medida la hibridación (Segovia-Lerma y Romero-Mozqueda, 2014). Es de llamar la atención el que a pesar de la existencia de una gran diversidad genética en los diferentes tipos de chile no se haya aprovechado al máximo la variabilidad contenida en las poblaciones criollas, la cual, según Toledo-Aguilar *et al.* (2011), permitiría resolver los inconvenientes de bajos rendimientos asociados al escaso uso de semillas mejoradas. En el cultivo de maíz se ha demostrado que el aprovechamiento de la diversidad local con fines de fitomejoramiento es totalmente viable, al generar cultivares como por ejemplo la variedad Sintético Serdán que se originó de poblaciones locales sobresalientes (Muñoz-Tlahuiz *et al.*, 2013).

Estudios previos en chile mencionan que existe entre 67 y 89 por ciento de diversidad genética dentro de las poblaciones criollas (Oyama *et al.*, 2006; Contreras *et al.*, 2011), diversidad que en

chile ha sido poca estudiada. La variabilidad fenotípica dentro de una población, estudiada a través de la derivación de líneas, se ha reportado en alpiste (*Phalaris canariensis* L.) (Cogliatti *et al.* 2014) y frijol Caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) (Cardona-Ayala *et al.*, 2013), sin que a la fecha se hayan realizado estos estudios en una población criolla de Chile. En Chile se han generado líneas mediante métodos como el genealógico o de pedigree (Zatykó, 2006 y Riva-Souza *et al.*, 2007), descendencia de una sola semilla (Riva-Souza *et al.*, 2009 y Moreira *et al.*, 2009) y cultivo de anteras (Irikova *et al.*, 2011); a la fecha no se ha utilizado el Método de Descendencia de un Solo Fruto (MDSF), que es una modificación del método de descendencia de una vaina propuesto por Fehr (1991). El MDSF resulta apropiado para aprovechar la segregación de poblaciones criollas de Chile mediante la generación de líneas endogámicas; además, tiene las ventajas de fijar características dentro de líneas y acentuar la variabilidad entre ellas, incrementar rápidamente los niveles de endogamia y reducir las posibilidades de perder genotipos en los siguientes ciclos de evaluación porque se considera un mayor número de semillas.

Producto de un programa de fitomejoramiento de Chile “Poblano” (*Capsicum annuum* L.) desarrollado en la Sierra Nevada de Puebla se seleccionó una población criolla, identificada por Toledo-Aguilar *et al.* (2011) como sobresaliente en rendimiento y estabilidad ambiental. En los años 2012, 2013 y 2014 se derivaron líneas mediante el MDSF. En este contexto, y con la perspectiva de formar cultivares competitivos, los objetivos del presente estudio fueron (i) determinar la existencia de líneas sobresalientes que superen a la población original en fenología, caracteres vegetativos y de componentes de rendimiento y (ii) dilucidar la existencia de grupos de líneas por la diversidad que les confiere el originarse de una población criolla.

## **2.4. Materiales y métodos**

### **2.4.1. Material vegetal**

Se utilizaron 227 líneas S<sub>3</sub> derivadas a través del Método de Descendencia de un Solo Fruto de una población criolla de Chile “Poblano”, la cual fue identificada como sobresaliente por Toledo-Aguilar *et al.* (2011). El procedimiento para generar las líneas se describe en la

Introducción General. Los testigos utilizados fueron la población original (ChPO) y el híbrido comercial Capulín (HCap).

#### **2.4.2. Producción de plántula, localidad, diseño y unidad experimental**

La producción de plántula se llevó a cabo en invernadero. Para ello se utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades. El sustrato utilizado fue una mezcla de peat moss, tierra de monte y vermiculita (2:1:0.5 en cuanto a volumen). La localidad de evaluación fue Santa María Zacatepec, municipio de Juan C. Bonilla, Puebla, ubicada a 19° 06' y 19° 09' de latitud norte y a 98° 18' y 98° 23' de longitud oeste, con una altitud promedio de 2,200 msnm (INEGI, 2009).

Las líneas de chile “Poblano” fueron evaluadas en dos diseños experimentales Látice Simple 10×10 y uno 6×6. La unidad experimental de los látices 10×10 constó de 2 surcos con 15 plantas por surco, separadas a 0.30 m entre plantas y 0.80 m entre surcos; la unidad experimental del Látice 6×6 fue un surco de 15 plantas, con los mismos espaciamientos de los látices anteriores.

#### **2.4.3. Manejo agronómico**

El trasplante se realizó a los 54 días después de la siembra de las semillas en charolas. Los riegos se aplicaron hasta que se estableció la temporada de lluvias. La fertilización se realizó con la fórmula 140N–80P–60K, usando a la urea como fuentes de N, la fórmula 18–46–00 para P y Cloruro de Potasio para K. A los 15 días después del trasplante (ddt) se aplicó todo el P y K, más la mitad del N, y a los 45 ddt se aplicó el N faltante.

Para el control de *Bemisia tabaci* y áfidos se aplicó Karate® en dosis de 1 mL L<sup>-1</sup> de agua. También se aplicaron los fungicidas Oxiclورو de cobre y Ridomil® en cantidades de 3 g L<sup>-1</sup> y 1 mL L<sup>-1</sup> de agua, respectivamente.

#### **2.4.4. Variables medidas**



Variable fenológica: días a 50 % de floración (DF); vegetativas: altura de planta (AlPt) en cm, ancho de planta (AnPt) en cm, longitud de tallo (LTa) en cm, diámetro del tallo (DTa) en mm y número de bifurcaciones (NBi); de fruto: número de frutos por planta (FrPl), longitud (LFr) en cm, ancho (AFr) en cm, espesor del pericarpio (EPe) en mm, profundidad de inserción del pedúnculo (PIP) en mm, y número de semillas por fruto (NSFr). El rendimiento de fruto seco por planta (RFrSPi) en g se calculó con base en el promedio de cinco plantas y con un factor de humedad comercial de 18%; el rendimiento de fruto seco por hectárea (RFrSHa) resultó de aplicar la fórmula  $RFrSPi \text{ (g por planta)}/1000 \times 41667 \text{ plantas ha}^{-1}$  (densidad de población en los experimentos). Adicionalmente se calcularon las variables de porcentajes de plantas enfermas (PIEn) y acamadas (PIAc) y las relaciones de largo entre ancho en planta (IAPxAnP) y fruto (ILFrxAfr).

#### **2.4.5. Análisis estadístico**

Para realizar estos análisis se utilizó el programa SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., 2013). El análisis individual de los experimentos se realizó a través de Proc Lattice. Para identificar las líneas superiores se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS, 0.05).

Para determinar la diversidad genética entre líneas primeramente se seleccionaron variables que aportaran mayor información de la variación total existente; para ello se realizó un análisis combinado de experimentos para bloques incompletos (Martínez, 1988), detectando las variables con diferencias estadísticas significativas; también se discriminaron variables con el procedimiento Stepwise; adicionalmente se seleccionaron variables considerando un valor de correlación de  $r > 0.60$  entre pares de variables, conservando la que tuviera mayor importancia agronómica. Con las variables seleccionadas se realizaron análisis de componentes principales y de conglomerados, éste último con base en la matriz de distancias euclidianas y agrupando con el método Ward. Para determinar diferencias estadísticas entre los grupos de líneas identificados con el dendrograma se realizó un análisis de varianza adicional y comparación de medias mediante la prueba de Tukey al 0.05%.

#### **2.5. Resultados**

### 2.5.1. Análisis de varianza

En el Cuadro 2.1 se muestra el análisis de varianza realizado para las variables evaluadas en los tres experimentos que se condujeron. La variación fenotípica entre líneas derivadas de una población de Chile “Poblano” fue amplia, pues en el 85.4 % de las líneas evaluadas y los testigos (Látice 1 y 2) se observaron diferencias altamente significativas para este factor en las variables de fenología, vegetativas, de sanidad, de fruto y de rendimiento. La variabilidad mostrada entre las líneas es producto de la segregación que existió en la población criolla de Chile; dicha variación genética abre la posibilidad de seleccionar líneas sobresalientes con base en caracteres agronómicos de interés, con el fin de incrementar la producción.

**Cuadro 2.1. Cuadros medios del análisis de varianza de las variables evaluadas en Chile “Poblano” en los tres diseños experimentales látice.**

Variables evaluadas †	Látice 1		Látice 2		Látice 3	
	Genotipos	C.V. (%)	Genotipos	C.V. (%)	Genotipos	C.V. (%)
DF	18.26 **	4.94	30.45 **	5.12	22.97 NS	7.78
AIPI	79.40 **	8.06	131.74 **	7.38	100.67 NS	11.97
AnPI	72.41 **	9.67	62.53 *	9.96	58.41 NS	10.41
LTa	17.20 **	8.92	20.24 **	9.84	9.03 NS	10.55
DTa	1.95 **	7.10	2.44 **	6.61	1.35 NS	8.89
NBi	355.19 **	21.46	222.35 **	18.30	259.68 NS	29.99
FrsPI	61.39 **	26.20	36.18 **	27.12	23.29 NS	41.28
LFr	3.77 **	6.87	3.18 **	7.01	1.49 NS	10.08
AFr	0.78 **	6.70	0.97 **	7.98	0.68 NS	12.28
EPe	0.007 **	9.51	0.006 **	13.79	0.005 NS	14.09
PIP	30.51 **	19.47	28.41 **	21.74	18.05 NS	35.36
NSFr	4312.58 **	14.32	4134.85 **	14.63	1832.45 NS	23.60
RFrSPI	940.75 **	22.60	990.30 **	22.05	784.75 NS	29.23
RFrSHa	1633276 **	22.60	1719295 **	22.05	1362443 NS	29.23
ILFrxAfr	0.13 **	5.92	0.20 **	8.52	0.10 NS	12.16
IAPxAnP	0.03 **	11.12	0.03 **	11.92	0.06 *	13.52

\*: Significancia estadística  $p \leq 0,05$ ; \*\*: Significancia estadística  $p \leq 0,01$ ; NS: No significativo; C.V.: Coeficiente de variación; Grados de libertad: Genotipos = 99, Error = 81 para látices 1 y 2, Genotipos = 35, Error = 25 para Látice 3; †: El significado de la codificación se presentó en Materiales y métodos.

### **2.5.2. Fenología y caracteres vegetativos en líneas seleccionadas**

Las medias de días a floración y las variables vegetativas a través de experimentos se presentan en el Cuadro 2.2. En general los valores de las medias presentadas por las 17 líneas seleccionadas son mejores que las mostradas por los testigos en cada Látice. La precocidad de las líneas seleccionadas varió de 44 hasta 56 días, siendo éstas consideradas precoces (41-45 ddt), intermedias (46-53 ddt) y tardías (mayor a 54 ddt). De las 17 líneas, 12 fueron más precoces que su parental directo y que el testigo comercial HCap. Las plantas con más días a floración mostraron tendencia a ser más altas, a tener un mayor ancho de planta y más bifurcaciones. Siete líneas presentaron mayor ancho de planta y menor altura de planta. La longitud de tallo y diámetro de tallo mostrado por las líneas fue superior a los 20 cm y 11 mm, respectivamente. La variabilidad mostrada entre las líneas seleccionadas en cuanto a días a floración sugiere la existencia de diferentes estratos de precocidad, mientras que la variabilidad en caracteres vegetativos indica que existen diferentes arquitecturas de planta entre las líneas. Lo anterior es favorable para el mejoramiento genético de una población, bajo el método de selección propuesto.

### **2.5.3. Caracteres de fruto y rendimiento de líneas seleccionadas**

Las medias de los caracteres de fruto y rendimiento se presentan en el Cuadro 2.3. Las líneas seleccionadas presentaron mayores medias en caracteres de frutos que los testigos, lo cual permite explicar el buen rendimiento expresado por las líneas. En las líneas el rendimiento máximo de 7.1 t ha<sup>-1</sup> se obtuvo en la Línea 72, mientras que el mínimo de 4.02 t ha<sup>-1</sup> se obtuvo en la Línea 205. El rendimiento de fruto no dependió únicamente de un mayor número de frutos por planta, sino también de mayores valores en la longitud y ancho de fruto y espesor del pericarpio.

La profundidad de inserción del pedúnculo fue mayor en los testigos, que en algunas líneas seleccionadas. El número de semillas por fruto fue superior a 200, salvo la Línea 186. Todas las líneas seleccionadas presentaron mayor elongación de fruto con respecto al testigo comercial HCap, y varias en relación a su parental directo. Las líneas seleccionadas presentaron mayor tamaño de fruto que el testigo comercial HCap. La identificación y selección de líneas con

rendimiento superior a su parental directo y a un testigo comercial verifica la eficiencia del método de descendencia de un solo fruto en el mejoramiento de variedades criollas sobresalientes de Chile.

**Cuadro 2.2. Fenología y caracteres vegetativos de líneas de Chile “Poblano” seleccionadas y de los testigos en los tres experimentos.**

Genotipos	DF	AlPt (cm)	AnPl (cm)	LTA (cm)	DTa (mm)	NBi	IAPxAnP
Látice 1							
52	50.6 w†	71.9 b	77.8 a	25.6 c	13.5 a	72.7 a	0.89 u
79	46.5 d	66.8 f	70.8 a	25.7 b	12.7 b	55.6 e	0.95 ñ
186	44.4 a	71.9 b	73.4 a	22.4 ñ	12.1 d	89.4 a	1.00 h
246	44.2 a	72.0 b	70.6 a	23.5 j	12.0 d	63.1 e	0.99 k
ChPO	47.4 e	83.8 a	63.8 c	28.1 a	11.6 g	72.1 a	1.31 a
HCap	51.3 z	64.3 g	61.4 d	22.0 p	13.4 a	87.5 a	1.01 g
Media Expto	47.1	66.1	64.4	24.0	12.1	56.9	1.04
DMS	4.63	10.60	12.39	4.25	1.71	24.31	0.23
Látice 2							
72	46.3 c	86.0 a	72.6 a	29.0 a	14.0 a	75.0 a	1.24 a
68	47.0 f	71.7 h	70.8 a	26.3 d	15.0 a	60.3 b	1.00 f
153	55.7 ñ"	81.0 a	78.8 a	30.0 a	14.7 a	60.7 b	1.02 e
127	52.7 o'	82.4 a	79.0 a	28.8 b	14.1 a	70.7 a	1.04 e
ChPO	50.4 y	83.2 a	70.8 a	27.0 c	12.1 q	57.0 c	1.14 b
HCap	56.3 y"	72.8 f	62.4 f	23.3 p	12.6 j	54.2 c	1.22 a
Media Expto	48.4	70.5	66.0	25.2	12.8	49.0	1.08
DMS	4.92	10.35	13.05	4.94	1.68	17.84	0.25
Látice 3							
20	47.5 a	76.1 a	60.9 a	22.1 b	13.3 a	76.5 a	1.20 b
11	46.5 a	61.7 b	61.8 a	21.1 d	12.0 b	60.7 a	0.96 g
2	49.0 a	50.0 p	60.0 a	22.2 b	12.8 a	47.7 b	0.85 q
173	48.0 a	70.5 a	66.6 a	25.4 a	13.0 a	77.0 a	1.05 b
81	46.5 a	61.2 b	65.5 a	21.8 b	12.9 a	70.7 a	0.97 g
5	47.0 a	53.7 l	61.7 a	19.8 k	11.7 b	52.5 b	0.88 ñ
160	48.5 a	61.2 b	60.1 a	22.3 b	11.5 b	46.2 b	1.10 b
148	54.0 e	64.1 b	58.2 a	25.4 a	14.3 a	68.0 a	1.08 b
205	51.5 a	66.7 a	52.5 g	28.8 a	11.3 b	74.2 a	1.26 b
ChPO	50.0 a	69.0 a	57.9 a	26.2 a	11.1 c	59.1 a	1.18 b
HCap	55.0 j	63.2 b	53.0 f	19.3 m	11.9 b	77.3 a	1.22 b
Media Expto	49.8	65.2	58.2	23.3	11.8	60.7	1.13
DMS	7.87	15.83	12.49	5.06	2.14	36.94	0.31

†: Medias con letras iguales en la misma columna dentro de cada experimento son estadísticamente iguales (DMS, 0.05). Media Expto: Media del Experimento.

Las líneas seleccionadas por alto rendimiento fueron mayormente precoces e intermedias, aunque también se incluyó una tardía; además, presentaron porte de planta intermedio. En cuanto a las características asociadas al rendimiento, las líneas seleccionadas presentaron en promedio 17.9 frutos por planta, con un promedio de longitud y ancho de fruto de 11.6 cm y 5.9 cm, respectivamente; además, un espesor del pericarpio de 0.44 mm y 276 semillas por fruto en promedio. El rendimiento promedio de estas líneas fue de 5.25 t ha<sup>-1</sup>.

#### **2.5.4. Análisis multivariado**

El análisis de componentes principales reveló que los primeros cinco componentes explicaron el 65.98 % de la variación total existente (Cuadro 2.4). Los vectores propios muestran la contribución de las variables originales para la conformación de cada componente. El primer componente principal (CP1) explicó el 18.28 % de la variación total a través de variables relacionadas con la arquitectura de la planta: altura de planta (AlPl), diámetro de tallo (DTa), y número de bifurcaciones (NBi), y el espesor del pericarpio (EPe) relacionado con la calidad de fruto. El segundo componente principal (CP2) explicó el 15.50 % de la variación total, siendo influido principalmente por variables productivas como el rendimiento por hectárea (RFrSHa) y frutos por plantas (FrsPl), así como por la variable profundidad de inserción del pedúnculo (PIP) relacionada con la calidad de fruto. El tercer componente principal (CP3) explicó el 11.60 % de la variación total; en este caso, la variable más importante fue la longitud de fruto (LFr). El cuarto componente principal (CP4) explicó 11.24 % de la variación total, que fue determinado en mayor medida por los días a floración (DF) y el porcentaje de plantas acamadas (PIAc). El quinto componente principal (CP5) explicó el 9.36 % de la variación total; las variables importantes fueron número de semillas por fruto (NSFr) y porcentaje de plantas enfermas (PIEn). De acuerdo con lo anterior, la variación entre líneas fue determinada principalmente por caracteres de arquitectura de plantas, fenología, sanidad, calidad de frutos y de rendimiento, los cuales son atributos importantes al momento de seleccionar genotipos; además, esa variación entre líneas es un indicador de las diferencias genéticas que existen entre grupos de líneas.

**Cuadro 2.3. Caracteres de fruto y rendimiento de líneas de chile “Poblano” seleccionadas y testigos a través de experimentos.**

Genotipos	RFrSHa (kg ha <sup>-1</sup> )	RFrSPI (g)	FrsPI	LFr (cm)	AFr (cm)	EPe (mm)	PIP (mm)	NSFr	ILFrxAfr
Látice 1									
52	6657.0 a†	159.8 a	28.6 b	11.3 c	6.6 a	0.47 j	11.7 k	276.0 b	1.7 m'
79	5591.6 a	134.2 a	22.8 c	12.5 a	6.3 a	0.63 a	11.2 k	290.0 b	2.0 p
186	5375.8 a	129.0 a	21.0 d	11.9 a	5.4 j	0.50 f	5.1 f''	162.5 x''	2.2 a
246	5260.8 a	126.3 a	22.3 c	13.4 a	6.6 a	0.48 i	8.2 z	279.5 b	2.0 l
ChPO	5139.3 a	123.3 a	15.5 j	11.5 b	6.6 a	0.49 g	14.2 d	271.5 c	1.8 g'
HCap	3212.8 q	77.1 q	21.7 d	9.4 u	5.5 i	0.53 d	10.7 m	192.5 g''	1.7 m'
Media Expto	4470.5	107.3	17.9	10.7	5.7	0.52	10.9	277.3	1.9
DMS	2010.2	48.2	9.3	1.5	0.8	0.10	4.2	78.8	0.2
Látice 2									
72	7118.9 a	170.9 a	18.4 c	12.5 b	5.5 p	0.52 a	8.1 a'	279.0 c	2.3 c
68	6097.0 a	146.3 a	14.4 g	12.4 b	6.3 d	0.43 b	15.5 d	332.0 a	2.0 r
153	5541.2 a	133.0 a	27.0 a	11.0 s	6.9 a	0.46 b	10.2 n	294.0 a	1.6 z'
127	5265.1 a	126.4 a	17.7 c	12.1 c	5.6 i	0.52 a	12.6 f	308.5 a	2.2 f
ChPO	4142.9 f	99.4 f	15.7 e	12.8 b	6.3 d	0.46 b	11.7 g	248.0 l	2.1 l
HCap	2508.4 y'	60.2 y'	17.3 c	9.6 w'	6.2 d	0.43 b	14.4 e	242.0 m	1.5 z'
Media Expto	4487.6	107.7	14.6	11.3	5.8	0.44	11.4	269.9	2.0
DMS	1968.4	47.2	7.9	1.6	0.9	0.12	4.9	78.4	0.3
Látice 3									
20	5320.3 a	127.7 a	14.2 a	12.1 a	6.8 a	0.47 a	11.6 b	269.0 a	1.8 c
11	5209.6 a	125.0 a	19.6 a	11.8 a	4.7 k	0.45 a	4.9 j	226.0 a	2.5 a
2	5114.2 a	122.7 a	22.0 a	10.3 c	4.3 k	0.34 f	6.9 c	254.0 a	2.4 a
173	5020.1 a	120.5 a	10.3 b	11.9 a	5.7 a	0.47 a	9.5 b	336.5 a	2.1 a
81	4805.1 a	115.3 a	13.6 a	11.7 a	6.9 a	0.32 f	10.3 b	310.0 a	1.7 f
5	4382.4 a	105.2 a	13.4 a	11.4 a	5.8 a	0.36 a	20.2 a	258.5 a	2.0 a
160	4293.9 a	103.1 a	14.9 a	11.3 a	6.6 a	0.37 a	13.2 a	243.5 a	1.7 f
148	4245.6 a	101.9 a	10.4 b	11.2 a	6.1 a	0.36 a	11.7 b	265.5 a	1.8 c
205	4021.4 a	96.5 a	13.7 a	10.1 d	5.6 a	0.37 a	11.0 b	309.5 a	1.8 c
ChPO	3728.1 a	89.5 a	11.6 b	11.8 a	6.9 a	0.46 a	15.1 a	291.6 a	1.7 e
HCap	2825.5 e	67.8 e	8.7 c	10.1 d	6.1 a	0.35 d	14.0 a	255.0 a	1.7 g
Media Expto	3830.8	91.9	11.7	11.1	5.9	0.36	11.5	277.5	1.9
DMS	2273.5	54.6	9.8	2.3	1.5	0.10	8.3	132.9	0.5

†: Medias con letras iguales en la misma columna dentro de cada experimento son estadísticamente iguales (DMS, 0.05). Media Expto: Media del Experimento.

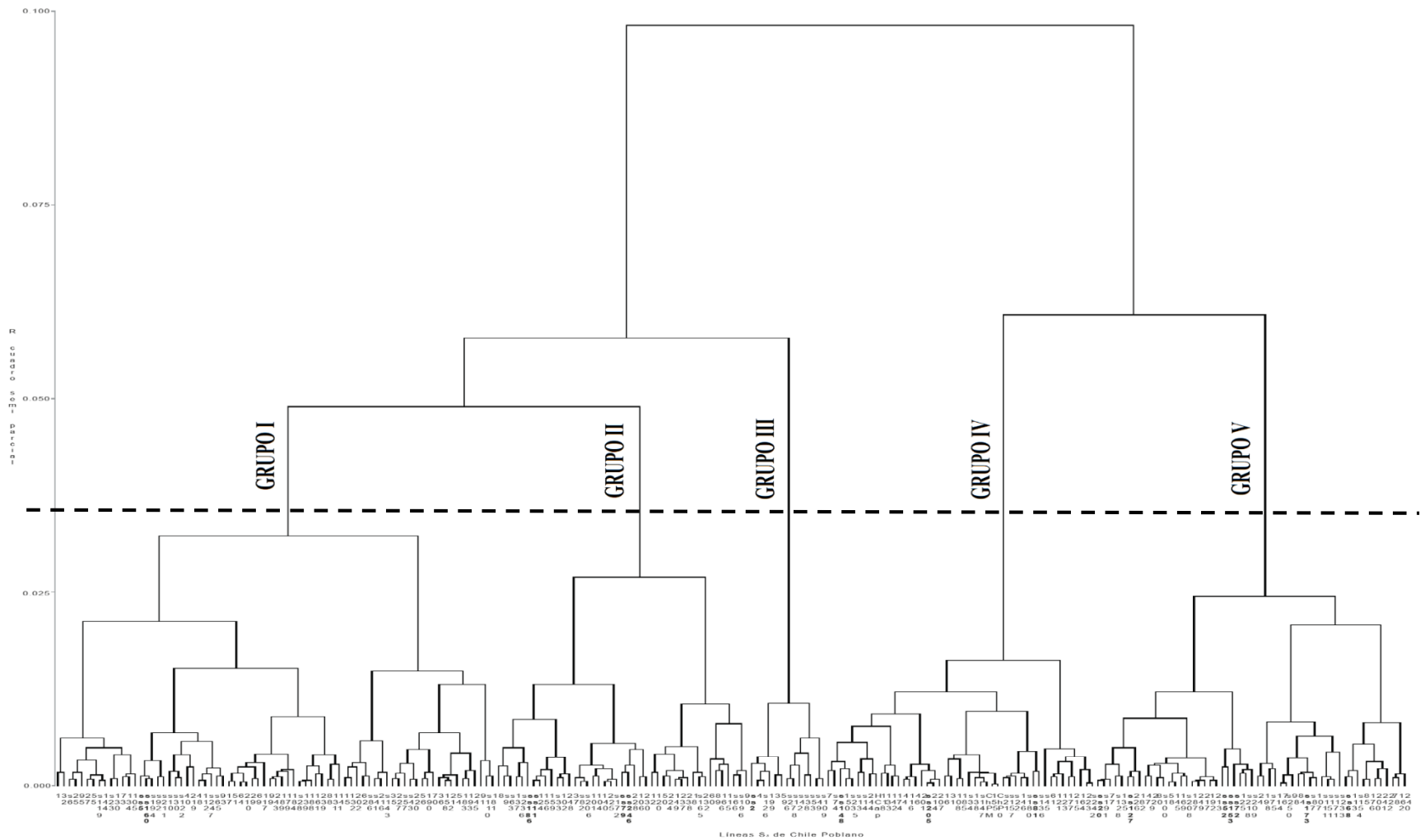
**Cuadro 2.4. Vectores propios y proporción de variación explicada por cinco componentes principales derivadas de 12 variables en los testigos y las 227 líneas de chile “Poblano”.**

Variable	Vectores Propios				
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
DF	0.078	0.375	-0.122	<b>0.520</b>	-0.005
AlPl	<b>0.442</b>	0.241	0.255	0.280	-0.059
DTa	<b>0.424</b>	0.015	0.367	0.354	0.246
NBi	<b>0.433</b>	0.029	-0.243	-0.112	-0.327
LFr	-0.035	0.052	<b>0.575</b>	-0.259	-0.456
EPe	<b>0.281</b>	-0.165	-0.045	-0.216	0.050
NSFr	0.178	0.236	-0.308	-0.224	<b>0.525</b>
PIP	0.099	<b>0.480</b>	0.168	-0.388	0.095
FrsPl	0.307	<b>-0.520</b>	-0.233	0.057	-0.053
PIEn	-0.145	-0.080	0.313	-0.127	<b>0.531</b>
PIAc	-0.276	-0.275	0.212	<b>0.371</b>	0.132
RFrSHa	0.343	<b>-0.361</b>	0.270	-0.204	0.179
V.E (%)	18.28	15.50	11.60	11.24	9.36

V.E: Variación Explicada, CP: Componente Principal

La Figura 2.1 muestra la forma en que se agruparon las líneas evaluadas. A una altura de corte de 0.035 unidades de la R-cuadrada semiparcial se definieron cinco grupos de líneas. El análisis de varianza, teniendo los grupos como fuente de variación, indicó la presencia de diferencias altamente significativa entre los mismos, lo cual se corroboró con la prueba de medias presentada en el Cuadro 2.5. Lo anterior confirma la amplia variabilidad genética que puede existir en una población criolla de chile, a través del estudio fenotípico de líneas derivadas de la misma.

El Grupo I, conformado con 75 líneas, incluyendo las líneas sobresalientes 5 y 160, se diferenció de los demás grupos principalmente por presentar mayor precocidad (46.5 días a floración), menor número de bifurcaciones (45) y mayor porcentaje de afectación por enfermedades y acame, 37 y 36.7 %, respectivamente. El rendimiento promedio de fruto seco fue de 4.28 t ha<sup>-1</sup>.



**Figura 2.1. Agrupación de líneas de Chile “Poblano” derivadas de una variedad criolla y distribución de las líneas sobresalientes (resaltadas).**



El Grupo II, formado de 43 líneas, incluyó las líneas sobresalientes 11, 79, 186 y 246, difirió principalmente de los demás grupos por presentar mayor longitud de fruto (11.9 cm) y menor número de semillas por fruto (228.6). El rendimiento promedio fue de 4.65 t ha<sup>-1</sup>.

El Grupo III aglutinó 13 líneas incluyendo a la línea sobresaliente 2. Este grupo se diferenció principalmente por presentar menor longitud de fruto (8.5 cm), mayor número de bifurcaciones (63.5), menor profundidad de inserción del pedúnculo (5.9 mm), mayor número de frutos por planta (26.5). El rendimiento promedio de este grupo fue 4.90 t ha<sup>-1</sup>.

El Grupo IV fue conformado por 43 líneas y en él se ubicaron los testigos y las líneas sobresalientes 81, 148 y 205. Se distingue de los demás grupos principalmente por presentar mayor número de días a floración (50.7), menor espesor del pericarpio (0.39 mm), menor número de frutos por planta (12.6), menor porcentaje de plantas con acame (16.8) y fue el grupo con el rendimiento promedio más bajo (3.65 t ha<sup>-1</sup>).

El Grupo V, conformado por 53 líneas, incluyó las líneas sobresalientes 20, 52, 68, 72, 81, 127, 148, 153, 173 y 205, entre las cuales quedaron incluidas las tres que presentaron los mayores rendimientos en los experimentos (líneas 20, 52 y 72). Este grupo se distingue de los demás principalmente por presentar mayor altura de planta (74 cm), diámetro de tallo (13.2 mm), espesor de pericarpio (0.50 mm), número de semillas por fruto (304), profundidad de inserción del pedúnculo (13.8 mm) y menor porcentaje de plantas enfermas (30.1). El rendimiento promedio de este grupo fue de 4.89 t ha<sup>-1</sup>.

De acuerdo con los resultados, se demuestra que existe amplia variabilidad genética dentro de la variedad parental utilizada como punto de partida, confirmándose a través de la evaluación de líneas derivadas de la misma. La agrupación de líneas sugiere la existencia de diferencias genéticas entre líneas en caracteres agronómicos, mientras que la distribución de las líneas sobresalientes en los cinco grupos indica que es posible aprovechar y conservar de mejor manera la variabilidad genética de una población criolla.

**Cuadro 2.5. Medias de caracteres considerados en la definición de cinco grupos de líneas S<sub>3</sub> derivadas de una población criolla sobresaliente de Chile “Poblano”.**

Variables	I	II	III	IV	V
DF	46.5 a <sup>†</sup>	46.7 a	47 a	50.7 c	48.8 b
AlPI (cm)	62.6 c	69.3 b	62.6 c	68.7 b	74 a
DTa (mm)	11.7 c	12.8 a	12.7 a	12 b	13.2 a
NBi	45 b	54.7 a	63.5 a	57.8 a	60.2 a
LFr (cm)	10.9 b	11.9 a	8.5 c	10.9 b	11.1 b
EPe (mm)	0.47 a	0.48 a	0.47 a	0.39 b	0.5 a
NSFr	274 b	228.6 c	298.2 a	277.8 b	304 a
PIP (mm)	10.9 b	9.2 c	5.9 d	12 b	13.8 a
FrsPI	14.1 c	18 b	26.5 a	12.6 d	15.8 b
PIEn (%)	37 c	36 b	33.1 a	31.3 a	30.1 a
PIAc (%)	36.7 c	30.4 b	29.9 a	16.8 a	22.1 a
RFrSHa (kg ha <sup>-1</sup> )	4283.7 a	4656.7 a	4903.9 a	3652.1 b	4897.1 a

<sup>†</sup>: Medias con letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

## 2.6. Discusión

El método de descendencia de un solo fruto en Chile es una opción novedosa para derivar líneas, ya que ofrece la oportunidad de aprovechar la variabilidad que existe en poblaciones criollas sobresalientes. Con este método se prevé fijar características dentro de líneas y acentuar la variabilidad entre líneas. Lo anterior permitió seleccionar líneas sobresalientes en caracteres de fenología, vegetativos y en componentes de rendimiento; además, se encontraron diferencias genéticas entre grupos de líneas, lo que permitió constatar la amplia variabilidad existente dentro de una población criolla de Chile.

### 2.6.1. Fenología, caracteres vegetativos y de componentes de rendimiento en líneas sobresalientes

En Chile, la altura de planta está directamente relacionada con el potencial productivo (Law-Ogbomo y Law-Ogbomo, 2010), el ancho de planta favorece el rendimiento (Moreno *et al.*, 2011), un mayor diámetro de tallo confiere a la planta mayor resistencia para soportar daños mecánicos, además de que permite tener un mejor desarrollo del sistema vascular (Bahena-Delgado *et al.*,

2012), la longitud de tallo determina qué tan expuestas pueden estar las ramificaciones y frutos de la parte inferior de la planta al suelo, en tanto que en las bifurcaciones se producen flores para el amarre de frutos (Reséndiz-Melgar *et al.*, 2010). Los días a floración definen la precocidad y presenta cierta relación con altura de planta. Por lo anterior, se considera que la variabilidad mostrada entre las líneas seleccionadas en caracteres vegetativos permitió seleccionar diferentes arquitecturas de planta, mientras que la variación en días a floración permitió contar con material vegetativo adaptado a la estación de crecimiento de la región. Por lo tanto, el haber detectado variación entre las líneas para los caracteres ya mencionados es de gran importancia para los fitomejoradores, ya que permite practicar la selección. La variabilidad en caracteres fenológicos y vegetativos ha sido reportada en evaluaciones de diferentes poblaciones criollas (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016b), en diferentes accesiones (Janaki *et al.*, 2015; Yatung *et al.*, 2014; Bozokalfa y Eşiyok, 2011; do Rêgo *et al.*, 2011; Palacios y García, 2008) y en líneas provenientes de diferentes sub-poblaciones (Rodríguez *et al.*, 2008); sin embargo, la variabilidad fenológica y morfológica entre líneas derivadas de una misma población criolla de Chile con el propósito de seleccionar líneas sobresalientes había carecido de atención.

El rendimiento de fruto depende considerablemente de los valores expresados en los componentes del mismo y las relaciones entre éstos; en estudios previos, un mayor número de frutos por planta, frutos con mayor longitud, diámetro y espesor del pericarpio favorecieron al rendimiento (Olszewska *et al.*, 2011a; Sood *et al.*, 2011; Shrestha *et al.*, 2010). Tales relaciones también se observaron en la presente investigación, ya que se observó que no sólo el número de frutos por planta favoreció el alto rendimiento, sino también que los frutos presentaron mayor valor en longitud, ancho y espesor del pericarpio; por ejemplo, las líneas seleccionadas presentaron en promedio frutos de 11.6 cm de longitud y 5.9 cm de ancho, con un espesor del pericarpio de 0.44 mm. En la selección de genotipos para altos rendimientos es necesario considerar los anteriores caracteres de frutos, porque tienen efectos directos sobre la productividad (Ferrão *et al.*, 2011); de igual manera, Olszewska *et al.* (2011b) consideran que son caracteres que no se deben omitir, y lógicamente considerarlos durante la selección. En fruto, la relación largo entre ancho indica la forma de aquél, cuanto más grande sea el valor, más alargado será el fruto. En el caso de Chile “Poblano” (el tipo bajo estudio), aunque no se ha documentado, se estima que los consumidores generalmente prefieren frutos de 10 cm de largo en promedio y de 4 a 6 cm de ancho; las líneas

sobresalientes cumplen con lo anterior. La profundidad de inserción del pedúnculo debe ser lo menor posible para evitar que se acumule agua de lluvia y se favorezca la incidencia de enfermedades (Gomide *et al.*, 2008); 15 líneas seleccionadas mostraron un avance con respecto a su parental al reducirse el valor de esta característica.

La variación presentada por las líneas evaluadas en el número de semillas por fruto es también un indicador de la variabilidad genética existente. Esta característica también debe ser considerada para seleccionar líneas sobresalientes, pues en programas de producción de semillas es necesario contar con genotipos que presenten buen número de semillas por fruto para facilitar los incrementos de semillas. Un mayor número de semillas por frutos está relacionado con la cantidad de polen que producen las flores. Marcelis y Hofman-Eijer (1997) encontraron que a mayor cantidad de polen mayor número de semillas por fruto; por lo tanto, las líneas seleccionadas también cumplen con este criterio de selección.

### **2.6.2. Variabilidad fenotípica dentro de una población criolla de Chile “Poblano”**

Las diferencias estadísticas entre genotipos en caracteres fenológicos, morfológicos y asociados al rendimiento indican que éstas tienen una base genética definida (Sood *et al.*, 2009; Yattung *et al.*, 2014). Lo anterior está en concordancia con los resultados aquí obtenidos, mostrando que dentro de una población criolla de Chile es posible encontrar amplia variabilidad genética. Dicha variabilidad permite generar y seleccionar líneas que presenten mejores rendimientos en relación con la población progenitora. Tales líneas pueden ser utilizadas directamente por los agricultores así como para la formación de otras variedades con características que sean de interés para los agricultores y estén adaptadas a las zonas donde éstas han sido desarrolladas. Ello representa una oportunidad de éxito para los programas de fitomejoramiento que están enfocados al incremento del rendimiento y mejora de otras características de interés agronómico a nivel regional.

La existencia de variabilidad fenotípica dentro de una población domesticada también se ha reportado en cultivos como el alpiste (Cogliatti *et al.*, 2014), frijol Caupí (Cardona-Ayala *et al.*,

2013), jitomate (Sanjuan-Lara *et al.*, 2014), mientras que en Chile se ha reportado en poblaciones silvestres (Hernández *et al.*, 2008).

### **2.6.3. Diferencias genéticas entre grupos de líneas**

La variabilidad fenotípica entre genotipos de *Capsicum* ha sido explicada a través de análisis de componentes principales (CP). Debido al número de genotipos evaluados y a la naturaleza de las variables evaluadas, el número de componentes principales que explican una porción significativa de dicha variación ha sido distinto en los diferentes estudios que se han realizado. En un estudio de caracterización morfológica de 94 accesiones y líneas de pimiento fueron necesarios 10 CP para explicar 75.46 % de la variación total (Bozokalfa y Eşiyok 2011); Moreno-Pérez *et al.* (2011) a través de los tres primeros CP explicaron el 57.7 % de la variación total en caracteres cuantitativos de 32 colectas de Chile guajillo; en otro estudio de 43 colectas de chiles cultivados en Tabasco, México, el 63.14 % de la variación morfológica fue explicada por los tres primeros CP (Narez-Jiménez *et al.*, 2014). La aplicación del análisis de componentes principales generalmente ha sido en estudios de colectas o accesiones de diferentes orígenes; sin embargo, el presente estudio consideró únicamente líneas derivadas de una misma población, donde los primeros cinco CP explicaron el 65.98 % de la variación total existente entre las líneas de Chile “Poblano” y los testigos.

En relación con lo anterior, el estudio de la variabilidad genética de poblaciones criollas de Chile resulta pertinente para el manejo y conservación de este valioso recurso genético (Pacheco-Olvera *et al.*, 2012), ya que la variación genética que se halla dentro y entre poblaciones de una especie es trascendental pues es sobre ella que operan los procesos de selección realizados por los agricultores y fitomejoradores (Montes-Hernández *et al.*, 2014).

Gran parte de la variación entre grupos de líneas se debió a caracteres que definen la arquitectura de planta y a los componentes de rendimiento. Esto se debe a que son caracteres a los que el agricultor da seguimiento durante el proceso de selección, porque son atributos que influyen en la aceptación de variedades; el rendimiento, tamaño de la planta, tamaño y forma de fruto, aspectos de sanidad (Rodríguez *et al.*, 2007), el número de frutos por planta y vigor de la planta

(Pino *et al.*, 2007) son criterios importantes considerados por los agricultores para seleccionar una variedad de chile.

Por otra parte, la variación genética entre genotipos de *Capsicum* ha sido sujeta a investigación a través del estudio de caracteres morfológicos, bioquímicos y moleculares. Rivera *et al.* (2016) evaluaron la diversidad genética a través de caracteres morfológicos y marcadores moleculares en líneas autofecundadas derivadas de diferentes poblaciones de *Capsicum* del noroeste de España; Ballina-Gómez *et al.* (2013) caracterizaron morfológicamente accesiones de chile del sureste de México; Troconis-Torres *et al.* (2012) analizaron bioquímica y molecularmente algunas muestras de chile de México; Toledo-Aguilar *et al.* (2016a) caracterizaron la diversidad genética de poblaciones criollas de chile Ancho de México usando marcadores microsatélites y establecen que hay mayor diversidad genética dentro que entre poblaciones. Los resultados del presente estudio señalan la existencia de amplia variabilidad genética dentro de una población criolla de chile, por lo que corroboran las aseveraciones de Toledo-Aguilar *et al.* (2016a), Contreras *et al.* (2011) y Oyama *et al.*, (2006) quienes reportaron la existencia de mayor polimorfismo dentro de poblaciones que entre poblaciones domesticadas de chile, basándose en el estudio molecular de diferentes poblaciones.

La variabilidad genética presente dentro de una población criolla de chile se debe a que los agricultores durante varios años han seleccionado sus semillas, aunado a que cada año existen variaciones en las condiciones ambientales y en el manejo agronómico (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016b); además, diferentes agricultores siembran en parcelas muy cercanas entre ellas, lo que genera intercambio de genes, debido a la existencia de entre 2 y 90 % de polinización cruzada en condiciones de campo, principalmente asociada con insectos polinizadores (do Rêgo *et al.*, 2012; Pickersgill, 1997) y raramente por el viento (Berke, 2000).

## **2.7. Conclusiones**

Mediante la generación de líneas S<sub>3</sub> por el Método de Descendencia de un Solo Fruto se confirmó la existencia de alta variabilidad fenotípica dentro de una población criolla de chile, lo que permitió la selección de líneas sobresalientes en características fenológicas, vegetativas y de

rendimiento y sus componentes. Además, se demostró que dicha variabilidad fenotípica dentro de la población criolla se distribuye en todas las líneas, y que puede ser agrupada para seleccionar aquellas que representen la variabilidad genética de la variedad criolla con fines de conservación.

### **Agradecimientos**

El primer autor agradece al convenio IICA-CONACYT México, por la beca otorgada para los estudios de Maestría. Al Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla, por la formación académica brindada durante mis estudios de Maestría. Al Sr. Fernando Cuenca por su apoyo en el manejo agronómico del cultivo. A Víctor Manuel Núñez Villada y Víctor Hugo López Ortega, por el apoyo durante la toma de datos y manejo agronómico del cultivo.

### **2.8. Literatura citada**

- Bahena-Delgado G., A. J. Bustos-Rangel, E. Broa-Rojas y M. Á. Jaime H. (2012)** Comportamiento agronómico del chile criollo (*Capsicum annuum* L.) en fertirrigación con acolchado plástico y cubierta flotante en Xalostoc, Morelos. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas* 4:19-24.
- Ballina-Gómez H., L. Latournerie-Moreno, E. Ruiz-Sánchez, A. Pérez-Gutiérrez y G. Rosado-Lugo (2013)** Morphological characterization of *Capsicum annuum* L. accessions from southern Mexico and their response to the *Bemisia tabaci*-*Begomovirus* complex. *Chilean Journal of Agricultural Research* 73:329–338.
- Berke T. G. (2000)** Multiplying seed of pepper lines. International cooperators' guide. Asian Vegetable Research and Development Center. AVRDC Publication No. 00-510. Shanhua, Taiwan. 4 p.
- Bozokalfa M. K. and D. Eşiyok (2011)** Evaluation of morphological and agronomical characterization of Turkish pepper accessions. *International Journal of Vegetable Science* 17:115–135.
- Cardona-Ayala C., H. Araméndiz-Tatis y A. Jarma-Orozco (2013)** Variabilidad genética en líneas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. WALP). *Revista Agronomía* 21:7–18.

- Cogliatti M., L. V. Cortizo y W. J. Rogers (2014)** Mejoramiento genético de alpiste: selección y evaluación de líneas derivadas de la población marroquí PI284184. *Revista Investigaciones Agropecuarias* 40:189–195.
- Contreras T. A. R., H. López S., A. Santacruz V., E. Valadez M., V. H. Aguilar R., T. Corona T. y P. A. López (2011)** Diversidad genética en México de variedades nativas de Chile ”Poblano” mediante microsatélites. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34:225–232.
- do Rêgo E. R., M. F. Nascimento, M.F., N. F. F. do Nascimento, R. M. C. dos Santos, F. L. G. Fortunato and M. M. do Rêgo (2012)** Testing methods for producing self-pollinated fruits in ornamental peppers. *Horticultura Brasileira* 30:669–672.
- do Rêgo E. R., M. M. do Rêgo, C. D. Cruz, F. L. Finger and V. W. Dias C. (2011)** Phenotypic diversity, correlation and importance of variables for fruit quality and yield traits in Brazilian peppers (*Capsicum baccatum*). *Genetic Resources and Crop Evolution* 58:909–918.
- FAO/STAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division (2013)** Estadísticas de la producción mundial de Chile. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. <http://faostat.fao.org/beta/es/#data/QC> (Mayo 2016).
- Fehr W. R. (1991)** Principles of Cultivar Development. Vol. 1. Theory and Technique. Macmillan, New York, USA. 536 p.
- Ferrão L. F. V., P. R. Cecon, F. L. Finger, F. F. e Silva e M. Puiatti (2011)** Divergência genética entre genótipos de pimenta com base em caracteres morfo-agrônomicos. *Horticultura Brasileira* 29:354–358.
- Gomide M. L., W. R. Maluf e L. A. A. Gomes (2008)** Capacidade de combinação de linhagens elite de pimentão (*Capsicum annum* L.). *Ciência e Agrotecnologia* 32:740–748.
- Hernández V. S., R. G. López E., P. Sánchez P., M. Villarreal R., S. Parra T., F. Porras y J. L. Corrales M. (2008)** Variación fenotípica entre y dentro de poblaciones silvestres de Chile del noreste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31:323–330.
- Hernández-Verdugo S., P. Aranda-Dávila y K. Oyama (1999)** Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64:65–84.



- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2009)** Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Juan C. Bonilla, Puebla. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. 8 p.
- Irikova T., S. Grozeva and V. Rodeva (2011)** Anther culture in pepper (*Capsicum annuum* L.) in vitro. *Acta Physiologiae Plantarum* 33:1559–1570.
- Janaki M., C. V. Ramana, L. N. Naidu, and M. P. Rao (2015)** Performance of chilli (*Capsicum annuum* L.) genotypes for yield and yield attributing traits. *Plant Archives* 15:661–666.
- Law-Ogbomo K. E. and J. E. Law-Ogbomo (2010)** Characterization and evaluation of some cultivars of sweet pepper (*Capsicum annuum*). *Notulae Scientia Biologicae* 2:49–54.
- Luna R. J. de J. y O. Vásquez M. (1996)** Perspectivas del mejoramiento genético y la propagación *in vitro* en el cultivo de chile (*Capsicum* spp). *Investigación y Ciencia-Universidad Autónoma de Aguascalientes* 5:2–6.
- Marcelis L. F. M. and L. R. B. Hofman-Eijer (1997)** Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L. *Annals of Botany* 79:687–693.
- Martínez G. A. (1988)** Diseños Experimentales, métodos y elementos de teoría. Editorial Trillas, México, D. F., México. 756 p.
- Montes-Hernández L. A., J. A. Hernández-Guzmán, H. López-Sánchez, A. Santacruz-Varela, H. Vaquera-Huerta y R. Valdivia-Bernal (2014)** Expresión fenotípica *in situ* de características agronómicas y morfológicas en poblaciones del maíz raza Jala. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37:363–372.
- Moreira S. O., R. Rodrigues, R., M. L. de Araújo, C. P. Sudré e E. M. Riva-Souza (2009)** Desempenho agrônômico de linhas endogâmicas recombinadas de pimenta em dois sistemas de cultivo. *Ciencia Rural, Santa María* 39:1387–1393.
- Moreno P. E. del C., R. Mora A., F. Sánchez del C. y V. García-Pérez (2011)** Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Hortícola* 17:5–18.
- Moreno-Pérez E. del C., C. H. Avendaño-Arrazate, R. Mora-Aguilar, J. Cadena-Iñiguez, V. H. Aguilar-Rincón y J. F. Aguirre-Medina (2011)** Diversidad morfológica en colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) del centro-norte de México. *Revista Chapingo Serie Hortícola* 17:23–30.

- Muñoz-Tlahuiz F., J. de D. Guerrero-Rodríguez, P. A. López, A. Gil-Muñoz, H. López-Sánchez, E. Ortiz-Torres, J. A. Hernández-Guzmán, O. Taboada-Gaytán, S. Vargas-López 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.
- Narez-Jiménez C. A., E. de la Cruz-Lázaro, A. Gómez-Vázquez, C. Márquez-Quiroz y P. García-Alamilla (2014)** Colecta y caracterización morfológica *in situ* de chiles (*Capsicum* spp.) cultivados en Tabasco, México. *Revista Chapingo Serie Hortícola* 20:269–281.
- Olszewska D., A. Kisiała and P. Nowaczyk (2011b)** The assessment of doubled haploid lines obtained in pepper (*Capsicum annuum* L.) anther culture. *Folia Horticulturae* 23:93–99.
- Olszewska D., I. Jędrzejczyk and P. Nowaczyk (2011a)** Biometrical assessment of interspecific hybrids of *Capsicum* genus. *Vegetable Crops Research Bulletin* 75:21–30.
- Oyama K., S. Hernández-Verdugo, C. Sánchez, A. González-Rodríguez, P. Sánchez-Peña, J. A. Garzón-Tiznado and A. Casas (2006)** Genetic structure of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* (Solanaceae) from Northwestern Mexico analyzed by RAPDs. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53:553–562.
- Pacheco-Olvera A., S. Hernández-Verdugo, V. Rocha-Ramírez, A. González-Rodríguez and K. Oyama (2012)** Genetic diversity and structure of pepper (*Capsicum annuum* L.) from Northwestern Mexico analyzed by microsatellite markers. *Crop Science* 52: 231–241.
- Palacios C. S. y M. A. García D. (2008)** Caracterización morfológica de 93 accesiones de *Capsicum* spp del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira. *Acta Agronómica* 57:247–252.
- Pickersgill B. (1997)** Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica* 96:129–133.
- Pickersgill B. (2007)** Domestication of Plants in the Americas: Insights from Mendelian and Molecular Genetics. *Annals of Botany* 100:925–940.
- Pino M. de los A., M. E. Dominí, L. Hernández y E. Calves (2007)** Selección participativa de variedades de *Capsicum* sp en el contexto urbano. *Cultivos Tropicales* 28:5–11.
- Reséndiz-Melgar R. C., E. del C. Moreno-Pérez, F. Sánchez-Del Castillo, J. E. Rodríguez-Pérez y A. Peña-Lomelí (2010)** Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. *Revista Chapingo Serie Hortícola* 16:223–229.

- Riva-Souza E. M., R. Rodrigues, C. P. Sudré, M. G. Pereira, A. P. Viana and A. T. do Amaral J. (2007)** Obtaining pepper F<sub>2:3</sub> lines with resistance to the bacterial spot using the pedigree method. *Horticultura Brasileira* 25:567–571.
- Riva-Souza E. M., R. Rodrigues, C. P. Sudré, M. G. Pereira, C. dos Santos B. and F. de Pina M. (2009)** Genetic parameters and selection for resistance to bacterial spot in recombinant F<sub>6</sub> lines of *Capsicum annuum*. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 9:108–115.
- Rivera A., A. B. Monteagudo, E. Igartua, A. Taboada, A. García-Ulloa, F. Pomar, M. Riveiro-Leira and C. Silvar (2016)** Assessing genetic and phenotypic diversity in pepper (*Capsicum annuum* L.) landraces from North-West Spain. *Scientia Horticulturae* 203:1–11.
- Rodríguez J., B. V. Peña O., A. Gil M., B. Martínez C., F. Manzo y L. Salazar L. (2007)** Rescate *in situ* del chile ‘Poblano’ en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30:25–32.
- Rodríguez Y., T. Depestre y O. Gómez (2008)** Eficiencia de la selección en líneas de pimiento (*Capsicum annuum*), provenientes de cuatro sub-poblaciones, en caracteres de interés productivo. *Ciencia e Investigación Agraria* 35:37–49.
- Sanjuan-Lara F., P. Ramírez-Vallejo, P. Sánchez-García, M. Livera-Muñoz, M. Sandoval-Villa, J. C. Carrillo-Rodríguez y C. Perales-Segovia (2014)** Variación en características de interés agronómico dentro de una población nativa de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 37:159–164.
- SAS Institute Inc. (2013)** SAS Version 9.4. Statistical Analysis System Institute. Cary, NC, USA.
- Segovia-Lerma A. y A. Y. Romero-Mozqueda (2014)** Mejoramiento genético para rendimiento en chile (*Capsicum annum* L) para consumo en seco en la región centro-sur del estado Chihuahua, México. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2:414–427.
- Shrestha L. S., B. P. Luitel, T. J. Lee and W. H. Kang (2010)** Fruit yield and quality evaluation of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) F<sub>1</sub> hybrids derived from inbred lines. *Korean Journal of Breeding Science* 42:344–350.
- SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2016)** Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, Primer Trimestre. Núm. 9. Servicio Nacional de

- Inspección y Certificación de Semillas. SAGARPA. Tlalnepantla, Edo. de México, México. 31 p.
- Sood S., N. Kumar, K. S. Chandel and P. Sharma (2011)** Determination of genetic variation for morphological and yield traits in bell pepper (*Capsicum annuum* var. *grossum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 81:590–594.
- Sood S., R. Sood, V. Sagar and K. C. Sharma (2009)** Genetic variation and association analysis for fruit yield, agronomic and quality characters in Bell pepper. *International Journal of Vegetable Science* 15:272–284.
- Toledo-Aguilar R., H. López-Sánchez, P. A. López, J. de D. Guerrero-Rodríguez, A. Santacruz-Varela y A. Huerta-de la Peña (2011)** Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de Chile “Poblano”. *Revista Chapingo Serie Hortícola* 17:139–150.
- Toledo-Aguilar R., H. López-Sánchez, A. Santacruz-Varela, E. Valadez-Moctezuma, P. A. López, V. H. Aguilar-Rincón, V. A. González-Hernández y H. Vaquera-Huerta (2016a)** Characterization of genetic diversity of native “Ancho” chili populations of Mexico using microsatellite markers. *Chilean Journal of Agricultural Research* 76:18–26.
- Toledo-Aguilar R., H. López-Sánchez, P. A. López, J. de D. Guerrero-Rodríguez, A. Santacruz-Varela y A. Huerta-de la Peña (2016b)** Diversidad morfológica de poblaciones nativas de Chile “Poblano”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7:1005–1015.
- Troconis-Torres I. G., M. Rojas-López, C. Hernández-Rodríguez, L. Villa-Tanaca, I. E. Maldonado-Mendoza, L. Dorantes-Álvarez, D. Tellez-Medina and M. E. Jaramillo-Flores (2012)** Biochemical and molecular analysis of some commercial samples of chili peppers from Mexico. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* 2012, doi:10.1155/2012/873090.
- Yatung T., R. K. Dubey, V. Singh and G. Upadhyay (2014)** Genetic diversity of chili (*Capsicum annuum* L.) genotypes of India based on morpho-chemical traits. *Australian Journal of Crop Science* 8:97–102.
- Zatykó L. (2006)** Pepper (*Capsicum annuum* L.) breeding methods at the turn of the century. *Acta Agronomica Hungarica* 54:179–202.

## DISCUSIÓN GENERAL

Los sistemas agrícolas tradicionales de México históricamente se han caracterizado por tener un nivel tecnológico limitado y por aspectos socioeconómicos limitantes como la escasez de crédito, de asistencia técnica y de resultados de la investigación agrícola (Hernández, 1988). Ante la creciente necesidad de maximizar la producción, para suplir la demanda de alimentos por parte de consumidores, los agricultores han experimentado cambios en sus esquemas de producción, incluyendo algunas prácticas como la mecanización agrícola, uso de agroquímicos para contrarrestar los problemas fitosanitarios y fertilización sintética para proporcionar los requerimientos nutrimentales de los cultivos.

En el sistema de producción del cultivo de chile “Poblano” en la Sierra Nevada de Puebla los cambios antes mencionados para incrementar la producción han sido incluidos; sin embargo, no han sido efectivos, debido a que la implementación de esas tecnologías no ha sido de la forma adecuada. En el cultivo se sigue careciendo de un plan fitosanitario adecuado desde la etapa de producción de plántula hasta el cultivo establecido en campo, de un plan de fertilización, de estudios que identifiquen canales de mercado, de variedades mejoradas, sobre todo de las generadas a partir de la diversidad genética local, de asistencia técnica, de una política agrícola pública efectiva y desde luego de considerar a los agricultores como agente clave en la toma de decisiones, ya que son ellos los demandantes de las tecnologías (Tapia, 2002).

En México existe heterogeneidad en cuanto a los tipos de agricultores, ello también se detectó entre los agricultores de chile “Poblano” de la Sierra Nevada de Puebla. La diferenciación entre grupos de agricultores, permitió conocer que dicha heterogeneidad de agricultores es producto de factores socioeconómicos y tecnológicos, y se presenta dentro de una localidad y dentro de una misma región.

Adicional a los aportes de este estudio al sistema de producción de chile “Poblano”, se corroboró que el fitomejoramiento convencional, basado en la utilización de germoplasma exótico para la formación de híbridos, no está beneficiando a los agricultores de chile “Poblano” en la Sierra Nevada de Puebla, pues el uso de semillas mejoradas es casi nulo (1.8 %), además de que

sus rendimientos no superan al de las poblaciones criollas. En el presente estudio se presentan evidencias de que sí es posible generar mejores variedades, pero que es necesario un cambio de paradigmas, que implica el desarrollo de materiales mejorados partir de la diversidad genética local previamente seleccionada, lo cual en cultivos de maíz ya se señalaba para esta región desde la implementación del Plan Puebla (Cervantes y Mejía, 1964). Las líneas evaluadas en el presente estudio mostraron un potencial genético para rendimiento superior a la variedad original y sobre todo superior al híbrido que algunas casas comerciales recomiendan para la región. A este nuevo paradigma se le ha llamado “Fitomejoramiento en los Nichos Ecológicos” el cual promueve el aprovechamiento de la diversidad genética local y la conducción de los procesos de investigación en las propias condiciones de los agricultores (Muñoz, 1990), para así generar variedades mejoradas para condiciones ambientales específicas. El éxito de esta propuesta ya se ha documentado en el cultivo de maíz, identificando poblaciones nativas sobresalientes en rendimiento que superan a los materiales mejorados introducidos (Muñoz-Tlahuiz *et al.*, 2013; Ortiz-Torres *et al.*, 2013; Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010; Gil-Muñoz *et al.*, 2004) y generando variedades mejoradas a partir de poblaciones nativas sobresalientes, como por ejemplo la variedad Sintético Serdán (Trejo *et al.*, 2004). En el cultivo de chile “Poblano” se había logrado la identificación de poblaciones criollas sobresalientes (Toledo-Aguilar *et al.*, 2011), y en la presente investigación se muestra la existencia de variabilidad y alto potencial de expresión de características de interés para los agricultores, entre ellas el rendimiento, en líneas endogámicas obtenidas a partir de una población criolla local sobresaliente.

Un aporte más de nuestro estudio es el relacionado con la diversidad genética de chile. En estudios anteriores, mediante el uso de marcadores moleculares microsatélite en chile “Poblano” (Contreras *et al.*, 2011), chile “Guajillo” (Moreno, 2015) y chile “Ancho” (Toledo-Aguilar *et al.*, 2016) se estableció la existencia de mayor variabilidad genética dentro de poblaciones que entre poblaciones. En esta investigación presentamos la existencia de esa alta variabilidad genética en una población criolla de chile “Poblano”, observada en las diferencias estadísticas entre las 227 líneas S<sub>3</sub> en el aspecto fenológico, características vegetativas, de fruto y sus componentes de rendimiento. También presentamos la evidencia de que dicha variabilidad genética se puede agrupar, en este caso en 5 grupos, y que las líneas seleccionadas se distribuyen en estos.

Los resultados obtenidos en la presente investigación invitan a reflexionar sobre la importancia de orientar las estrategias de desarrollo agrícola bajo un enfoque de desarrollo endógeno, con el aprovechamiento apropiado de los recursos locales y que estas estrategias logren atender las necesidades prioritarias y apremiantes de los agricultores. Para ello es necesario considerar a los agricultores como protagonistas en la toma de decisiones, en la identificación de problemas que afectan sus sistemas de producción agrícola y para la generación de nuevas tecnologías.

### 1. Literatura citada

- Ángeles-Gaspar E., E. Ortiz-Torres, P. A. López y G. López-Romero (2010)** Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33:287–296.
- Cervantes S. T. y H. Mejía A. (1984)** Maíces nativos del área del Plan Puebla: recolección de plasma germinal y evaluación del grupo tardía. *Revista Chapingo* 9:64–71.
- Contreras T. A. R., H. López S., A. Santacruz V., E. Valadez M., V. H. Aguilar R., T. Corona T. y P. A. López (2011)** Diversidad genética en México de variedades nativas de Chile ”Poblano” mediante microsátélites. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34:225–232.
- Gil-Muñoz A., P.A. López, A. Muñoz Orozco y H. López-Sánchez (2004)** Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización. *In: Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp. 18–25.
- Hernández X. E. (1988)** La agricultura tradicional en México. *Comercio Exterior* 38:673–678.
- Moreno R. Y. del R. (2015)** Caracterización de la diversidad genética de variedades de Chile ”Guajillo” nativas de Zacatecas a nivel morfológico, molecular y bioquímico. Tesis de Doctor en Ciencias. Programa de Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 155 p.
- Muñoz O. A. (1990)** Mejoramiento en los nichos ecológicos: nueva dimensión de la genotecnia, integrable a equipos de desarrollo en las comunidades. *In: Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Fitogenética*. SOMEFI. ESAHE. Cd. Juárez, Chih, México. p 318.

- Muñoz-Tlahuiz F., J. de D. Guerrero-Rodríguez, P. A. López, A. Gil-Muñoz, H. López-Sánchez, E. Ortiz-Torres, J. A. Hernández-Guzmán, O. Taboada-Gaytán, S. Vargas-López 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.
- Ortiz-Torres E., P. A. López, A. Gil-Muñoz, J de D. Guerrero-Rodríguez, H. López-Sánchez, O. R. Taboada-Gaytán, J. A. Hernández-Guzmán y M. Valadez-Ramírez (2013)** Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. *Revista Chapingo Serie Hortícola* 19:225–238.
- Tapia N. A. (2002)** El proceso de investigación y transferencia de tecnología en el sector agricultura. La experiencia del INIFAP. *Aportes: Revista de la Facultad de Economía-BUAP* 7:179–183.
- Toledo-Aguilar R., H. López-Sánchez, P. A. López, J de D. Guerrero-Rodríguez, A. Santacruz-Varela y A. Huerta-de la Peña (2011)** Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de chile “Poblano”. *Revista Chapingo Serie Hortícola* 17:139–150.
- Toledo-Aguilar R., H. López-Sánchez, A. Santacruz-Varela, E. Valadez-Moctezuma, P. A. López, V. H. Aguilar-Rincón, V. A. González-Hernández y H. Vaquera-Huerta (2016)** Characterization of genetic diversity of native “Ancho” chili populations of Mexico using microsatellite markers. *Chilean Journal of Agricultural Research* 76:18–26.
- Trejo Hernández L., A. Gil Muñoz, M. Sánchez Hernández, A. Carballo Carballo y P. A. López (2004)** Producción de semilla mejorada por organizaciones de agricultores: caso “Productora de maíz Teocintle”. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:93–100.



## CONCLUSIONES GENERALES

Los aportes a la ciencia del presente estudio están relacionados con la teoría de los Sistemas de Producción Agrícola, con la teoría del Fitomejoramiento en los Nichos Ecológicos y con la teoría de la diversidad genética de Chile.

En el primer aspecto, esta investigación presenta las características principales del sistema de producción de Chile “Poblano” de la Sierra Nevada de Puebla, identificándolo como un sistema de pequeña escala. A pesar de ello, se encontró que existe heterogeneidad socioeconómica y técnico-productiva entre los agricultores, diversidad que se aprecia dentro y entre las localidades que conforman dicho sistema de producción. Los rendimientos bajos están asociados principalmente a un deficiente manejo agronómico del cultivo, relacionado con la producción de plántula, el control fitosanitario, la fertilización y a la falta de variedades mejoradas obtenidas a partir del germoplasma local.

Con respecto a la teoría del Fitomejoramiento en los Nichos Ecológicos se demostró que ésta también puede aplicarse en un cultivo hortícola, siempre y cuando se haga utilizando sus principios: coleccionar poblaciones criollas locales, evaluar e identificar las sobresalientes, generar variedades mejoradas a partir de ellas, acotar su recomendación al nicho ecológico para aprovechar al máximo el potencial genético y ambiental. Con base en lo anterior se generaron líneas endogámicas que podrán ser utilizadas como variedades mejoradas, para formar híbridos o variedades sintéticas. Las variedades mejoradas podrán ser utilizadas por los agricultores de la región de la Sierra Nevada de Puebla, con lo que se podrá contribuir al desafío de incrementar la producción de alimentos mediante el incremento de los rendimientos por hectárea, contribuyendo a mejorar la competitividad de México a nivel internacional en lo que respecta a la producción de Chile.

Finalmente, en relación a la diversidad genética de Chile presentamos la existencia de alta variabilidad genética en una población criolla de Chile, algo que ya se había mencionado en estudios moleculares realizados en varios tipos de Chile, pero que no se había demostrado.