



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA
REGIONAL

**DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y POTENCIAL
PRODUCTIVO DE VARIEDADES NATIVAS DE
CHILE “POBLANO”**

ROCÍO TOLEDO AGUILAR

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRIA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

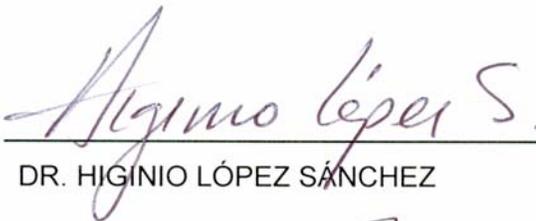
2010

La presente tesis intitulada: **Diversidad morfológica y potencial productivo de variedades nativas de chile “poblano”**; realizada por la alumna: **Rocío Toledo Aguilar**; bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRIA EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

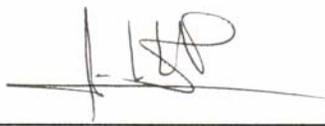
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. HIGINIO LÓPEZ SÁNCHEZ

ASESOR: 
DR. PEDRO ANTONIO LÓPEZ

ASESOR: 
DR. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRÍGUEZ

ASESOR: 
DR. AMALIO SANTACRUZ VARELA

ASESOR: 
DR. ARTURO HUERTA DE LA PEÑA

Puebla, Puebla, México, mayo de 2010

DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y POTENCIAL PRODUCTIVO DE VARIEDADES NATIVAS DE CHILE “POBLANO”

Rocío Toledo Aguilar, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2010

El chile (*Capsicum* spp.) como recurso fitogenético y por su gran diversidad de usos, tiene importancia económica, alimenticia y cultural. En Puebla, el chile “poblano” (*Capsicum annuum* L.) constituye una fuente de alimento así como de ingresos para las familias rurales de la región de la Sierra Nevada; sin embargo, se ha observado una disminución de los rendimientos, de la superficie sembrada y de los agricultores dedicados a este cultivo, a causa de factores como heladas, plagas y enfermedades, lo que puede llevar a pérdida de diversidad. A pesar de lo anterior, los estudios relacionados con variabilidad genética y problemática de producción de los tipos cultivados, incluyendo al chile poblano, son escasos. En este contexto, el objetivo de este estudio fue caracterizar la diversidad morfológica, agronómica y potencial productivo de un conjunto de 43 variedades criollas de chile poblano de la región antes mencionada y seis variedades introducidas, evaluándose en un diseño experimental látice triple 7×7 , en dos localidades. Se realizó análisis de varianza combinado a 79 variables morfológicas, encontrándose diferencias significativas y altamente significativas entre genotipos en 47 de las variables analizadas. También se realizó análisis de componentes principales observándose que las variedades criollas de la región formaron un agrupamiento diferenciado y separándose de las introducidas; adicionalmente se realizó análisis de conglomerados, en el que se definieron cuatro subgrupos de variedades criollas de chile poblano, sin tener una relación con el lugar geográfico de colecta. Se seleccionó además por rendimiento el 20 % superior de las variedades, cuyos rendimientos de fruto fresco fluctuaron entre 7.4 y 9.6 t ha⁻¹. Se encontró alta variabilidad en las poblaciones nativas, lo que proporciona elementos para diseñar programas de conservación, selección de variedades y mejora de la diversidad morfológica de chile poblano en la Sierra Nevada de Puebla.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., diversidad morfológica, Puebla México, rendimiento, variables morfológicas, variedades nativas.

MORPHOLOGICAL DIVERSITY AND YIELD POTENTIAL OF “POBLANO” PEPPER LANDRACES

Rocío Toledo Aguilar, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2010

Chili pepper (*Capsicum* spp.) has economic, nutritional and cultural importance as plant genetic resource, as well as a variety of uses. In Puebla, “poblano” pepper (*Capsicum annuum* L.) represents a source of income and food for rural families in the region of the Sierra Nevada; however, recent records show lower yields, diminished area planted, and farmers growing this crop, due to the incidence of factors such as frosts, pests, diseases, among others, which can lead to loss of diversity. Despite the aforementioned, few studies related to genetic variability and problems in production of cultivated types, including poblano pepper have been carried out. In this context, the objective of this study was to characterize the morphological and agronomic as well as the yield potential of a group of 43 poblano pepper landraces of the region mentioned above, and 6 introduced varieties, evaluating them under a 7 x 7 triple lattice experimental design in two localities. 79 Traits were registered and submitted to analysis of variance founding significant differences between genotypes in 47 of the analyzed traits. A principal components analysis was conducted, and results showed that native landraces formed a group, separated from those introduced; in addition, a cluster analysis was performed, identifying four subgroups of poblano pepper landraces, without a relation to the provenance site. Twenty percent of the varieties was selected on the basis of fresh fruit yield ranging from 7.4 to 9.6 t ha⁻¹. High variability was found among native populations, which provides elements for designing a conservation program, selection of improved varieties and improvement of morphological diversity of poblano pepper in the Sierra Nevada, state of Puebla.

Key words: *Capsicum annuum* L., morphological diversity, Puebla Mexico, yield, morphological traits, native landraces.

AGRADECIMIENTOS

- Al *Colegio de Postgraduados Campus Puebla*, por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.
- Al *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)* por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de Maestría.
- A la *Fundación PRODUCE Puebla* y al *Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI)* por el financiamiento otorgado para la realización de la presente investigación.
- Al *Dr. Higinio López Sánchez*, por sus enseñanzas, consejos, orientación y apoyo incondicional durante todo el proceso de mi formación, durante la fase de campo y en todas las revisiones de este escrito, además de su amistad y paciencia.
- Al *Dr. Pedro Antonio López*, por su apoyo en todo momento de esta tesis, tanto en trabajo de campo como en los análisis estadísticos y revisiones, además de ser una gran persona, investigador y académico, por lo que me siento muy orgullosa que haya formado parte de mi Consejo Particular.
- Al *Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez*, por formar parte de mi Consejo y por su apoyo en diferentes etapas de la fase de campo, sus enseñanzas y meticulosas revisiones del presente documento.
- Al *Dr. Amalio Santacruz Varela*, por su apoyo en las revisiones minuciosas a este escrito y en la realización de la presente tesis.
- Al *Dr. Arturo Peña de la Huerta* por sus observaciones y sugerencias en la escritura de este documento.

- A *Toniel Aguilar Méndez, Fermín Alonso Gómez Morales, Víctor y Ricardo López Ortega* por su apoyo en la ejecución y toma de datos en toda la fase de campo.
- A *María Sirley Interiano Martínez.*, a los Drs. *Abel Gil Muñoz, Enrique Ortiz Torres, Arahón Hernández Guzmán*, a los M.C. *Ernesto Aceves Ruíz y Ernesto Hernández Romero*. A la Sra. *Balbina Ortega López, Nayeli I. y Yojana Carreón Herrera y Zayra Melina López Juárez* por su apoyo y participación en diversas actividades del proyecto.
- A los productores de la *Asociación de Chileros de Cháhuac* y a *Don Isaías Gutiérrez* de San Lorenzo Chiautzingo por su apoyo con los terrenos para la ejecución del experimento, y a cada uno de los *productores de chile de la región* que donaron su semilla para la realización de los experimentos.
- Finalmente y no menos importante, a mis amigos *Humberto, Yeyé, Omar, Angie, Nayeli, Nicolás y Mariana*, por su amistad, apoyo, cariño, compañía, y tantas cosas más. Gracias, ya que sin ustedes mi estancia en Puebla no hubiera sido la misma.

DEDICATORIA

- Con mucho cariño y amor para *mi familia*. Mis papás: *Ely* y *José Ángel*, mis hermanos: *Gris*, *José Miguel* y *Luis Ángel* y mi sobrino *Valentín*; por su apoyo incondicional en todo momento, por ser mi fuerza para seguir adelante y por que el logro también es suyo.
- Con respeto y cariño para *mamá Yoli* por sus cuidados, consejos y por consentirme.
- A *Jorge Luis Lázaro* porque aún espero encontrarte en diciembre en casa.

CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Objetivo general.....	3
1.3 Materiales y métodos.....	4
1.4 Organización de la tesis.....	5
1.5 Referencias bibliográficas.....	6
II. DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE VARIEDADES NATIVAS DE CHILE	
POBLANO.....	10
2.1 Resumen.....	11
2.2 Summary.....	12
2.3 Introducción.....	13
2.4 Materiales y Métodos.....	15
2.5 Resultados y Discusión.....	18
2.6 Conclusiones.....	25
2.7 Agradecimientos.....	27
2.8 Referencias bibliográficas.....	27
2.9 Cuadros y Figuras.....	32
III. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS, REPRODUCTIVAS Y DE RENDIMIENTO	
DE FRUTO DE VARIEDADES NATIVAS DE CHILE “POBLANO”.....	36
3.1 Resumen.....	37
3.2 Summary.....	38

3.3 Introducción.....	39
3.4 Materiales y Métodos.....	41
3.5 Resultados y Discusión.....	46
3.6 Conclusiones.....	51
3.7 Agradecimientos.....	52
3.8 Referencias bibliográficas.....	52
3.9 Cuadros y Figuras.....	59
IV. CONCLUSIONES GENERALES.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

II. DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE VARIEDADES NATIVAS DE CHILE POBLANO

Cuadro 1. Variables morfológicas registradas para el análisis de componentes principales.....	32
Cuadro 2. Componentes principales y sus vectores propios.....	33

III. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS, REPRODUCTIVAS Y DE RENDIMIENTO DE FRUTO DE VARIEDADES NATIVAS DE CHILE “POBLANO”

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado de las variables evaluadas.....	59
Cuadro 2. Variables vegetativas y reproductivas a través de localidades del 50 % superior y los testigos.....	60
Cuadro 3. Rendimiento y sus componentes a través de localidades del 50 % superior y los testigos.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

II. DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE VARIEDADES NATIVAS DE CHILE POBLANO

Figura 1. Dispersión de las variedades en los componentes principales uno y dos..... 34

Figura 2. Agrupación de las variedades nativas con el método UPGMA..... 35

III. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS, REPRODUCTIVAS Y DE RENDIMIENTO DE FRUTO DE VARIEDADES NATIVAS DE CHILE “POBLANO”

Figura 1. Comportamiento de las variedades sobresalientes por localidad..... 62

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

El chile (*Capsicum*), de la familia Solanácea, es uno de los cultivos originarios de Mesoamérica (Greenleaf, 1986; Pickersgill *et al.*, 1989), constituido por alrededor de 20 a 30 especies (Pickersgill, 1971; McLeod *et al.*, 1982; Hernández-Verdugo *et al.*, 1999) que se encuentran distribuidas principalmente en las áreas tropical y subtropical de Mesoamérica y otros países del mundo (Pickersgill, 1971); se reconocen además cinco especies cultivadas, *Capsicum annuum* L., *C. frutescens* L., *C. chinense* Jackuin, *C. baccatum* L, y *C. pubescens* Ruiz y Paven, mismas que se encuentran distribuidas en cuatro centros de origen (Greenleaf, 1986; Pickersgill *et al.*, 1989).

México es uno de los principales centros de domesticación y de diversidad genética de *C. annuum*. L. (Pickersgill, 1989; Pickersgill, 1971; Hernández-Verdugo *et al.*, 1999). Dentro del género *Capsicum*, *C. annuum* L. es la especie más importante, por su distribución en el mundo, y por su diversidad de usos (Long-Solís 1986; Pickersgill, 1997; Ulloa, 2006).

El chile (*C. annuum* L.) es la segunda hortaliza de mayor importancia en México (Acosta y Chávez, 2003), en donde el consumo *per cápita* reportado en 2006 fue de 0.56 kg, por lo que es considerado como uno de los principales alimentos de la población mexicana (Galindo y Cabañas, 2006). Sin embargo, el volumen de producción nacional de 2005 a 2008 se ha reducido en 1.7 %, debido a que el porcentaje de la superficie sembrada y cosechada se redujo en 10.1 y 12.8 %, respectivamente. Los estados con mayor producción de chile verde en el país en 2008 eran Sinaloa, Chihuahua, Zacatecas, San Luis Potosí y Tamaulipas con 29.8, 20.1, 10.4, 6.6 y 5.6

%, respectivamente, mientras que Puebla sólo aportó 0.5 % del total de la producción (SAGARPA, 2008).

1.1 Planteamiento del problema

El chile poblano o mulato tiene una importancia significativa en la cultura de la población de Puebla, porque ha sido ingrediente básico de platillos tradicionales (Huerta *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2007), y porque además su producción constituye un ingreso para las familias rurales de la Región de la Sierra Nevada, donde se cultiva de manera importante.

En Puebla, la superficie sembrada con chile verde disminuyó 14 % de 1997 a 2008, la producción en 35 %, y el rendimiento por hectárea en 23 % (SAGARPA, 2008). Específicamente en chile poblano, Rodríguez *et al.* (2007) mencionan que hace una década la producción en la región de la Sierra Nevada de Puebla era de 25 t \cdot ha⁻¹ y en la actualidad no llega a 10 t \cdot ha⁻¹; los mismos autores indican también una posible extinción de este recurso fitogenético. Aunado a la disminución de la producción, los agricultores se ven obligados a competir en un exigente mercado internacional producto de la globalización, lo que los obliga a disminuir el precio de venta de este chile.

No obstante esta situación, los estudios enfocados a solucionar la problemática de chile poblano son escasos, y de prevalecer esta situación, la diversidad genética de este cultivo podría estar en riesgo, por lo que su rescate y aprovechamiento es urgente. La primera etapa en este proceso es conocerla, apoyándose en la caracterización, ya que como mencionan Rincón y Hernández

(2000), el germoplasma no puede usarse de manera eficiente si no es previamente caracterizado y evaluado. Los resultados de la caracterización permitirán plantear esquemas de conservación, manejo y aprovechamiento de la diversidad, así como el desarrollo de métodos de mejoramiento genético que permitan incrementar la producción, sin perder los atributos de las variedades criollas (Castillo y Sánchez, 2000; Laborde, 1984) que no están presentes en las variedades mejoradas que actualmente existen en el mercado.

No obstante la importancia de conocer la diversidad genética de chile poblano, no se han llevado a cabo estudios para conocer el nivel de diversidad morfológica y el potencial productivo de las variedades criollas de chile poblano de la Sierra Nevada de Puebla, México, razón por la cual se planteó la presente investigación, con los siguientes objetivos:

1.2 Objetivo general

Contribuir a la generación de conocimientos encaminados hacia la solución de la problemática del chile poblano de la Sierra Nevada del estado de Puebla, México, mediante la caracterización morfológica, agronómica y potencial productivo de un conjunto de variedades criollas de chile poblano de la región antes mencionada.

1.2.1 Objetivos específicos

- Cuantificar la diversidad morfológica existente en las variedades criollas de chile poblano de la Sierra Nevada del estado de Puebla, mediante el uso de descriptores morfológicos

de la guía del IPGRI *et al.* (1995), que genere una base para estudios posteriores encaminados a programas de fitomejoramiento, conservando las características deseables para agricultores y consumidores.

- Identificar las variedades criollas de chile poblano más sobresalientes en base a rendimiento, apoyándose en descriptores vegetativos, reproductivos y rendimiento de fruto, mediante la guía de la UPOV (2006).

1.3 Materiales y métodos

- Colecta de semilla: se llevó a cabo en 12 localidades de 10 municipios de la región de la Sierra Nevada de Puebla, en Santiago Miahuatlán, Puebla y en Fresnillo, Zacatecas, de noviembre de 2007 a abril de 2008
- Trabajo de campo en 2008: siembra, establecimiento de los experimentos en las localidades de Cháhuac y San Lorenzo Chiantzingo, evaluación de variables mediante las guías del IPGRI (1995) y UPOV (2006).
- Trabajo de gabinete: se realizó la codificación y matriz de datos de la información para su análisis estadístico.
- Análisis estadístico: análisis de varianza combinado a través de localidades, prueba de medias DMS para las variables vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto, utilizando el programa SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2002). Para la caracterización se realizó análisis de varianza combinado a través de localidades para 79 variables, tomadas en su mayoría de la guía del IPGRI (1995), análisis de correlaciones de Pearson, análisis de componentes principales y análisis de conglomerados, empleando el programa SAS

versión 9.0 (SAS Institute, 2002). Además, se identificó del 20% superior, a fin de conocer las variedades más sobresalientes respecto a rendimiento y algunas características de dichas variedades.

1.4 Organización de la tesis

Para resolver el problema de investigación, así como lograr el cumplimiento de los objetivos arriba planteados, los resultados se presentaran en dos capítulos, a manera de artículos científicos:

Capítulo II. Diversidad morfológica de variedades nativas de chile poblano.

En este capítulo se presenta la caracterización morfológica realizada a las variedades criollas de chile poblano de la Sierra Nevada de Puebla, mediante el uso de descriptores morfológicos y agronómicos, tomados en su mayoría de la guía del IPGRI (1995). Con el uso de componentes principales se muestra la dispersión de las variedades criollas de chile poblano y a partir del análisis de conglomerados se formaron cuatro agrupaciones de las variedades criollas, conociendo las características que representan a cada grupo formado.

Capítulo III. Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de chile “poblano”.

En este apartado se evaluaron las variedades criollas en base a rendimiento de fruto, utilizando la guía de UPOV (2006), donde se utilizaron algunas características vegetativas como densidad de ramificación, altura y ancho de planta, variables reproductivas como días a floración y fructificación y algunos componentes de rendimiento como peso, largo y ancho de fruto. Se identificó el 20 % superior de las variedades criollas utilizando el Modelo Matemático 1 de resistencia a sequía (Muñoz, 1990), conociendo también su estabilidad entre las localidades evaluadas.

1.5 Referencias bibliográficas

- Acosta R., G.F. y N. Chávez S. 2003. Arreglo topológico y su efecto en rendimiento y calidad de la semilla de chile jalapeño. *Agricultura Técnica en México* 29: 49-60.
- Castillo G., F. y J.J. Sánchez G. 2000. Aprovechamiento de los recursos fitogenéticos. *In*: P. Ramírez V., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M, F. Rincón S. y F. Zavala G. (eds). 2000. Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura. Informe Nacional. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C. Chapingo, México. pp 59-69.
- Galindo G., G. y B. Cabañas C. 2006. El cultivo de chile en Zacatecas. *In*: A. G. Bravo L.; G. Galindo G. y M. D. Amador D. 2006. Tecnología de producción de chile seco. INIFAP. 225 pp.

- Greenleaf, W.H. 1986. Pepper breeding. *In*: M.J. Bassett. (ed.). *Breeding Vegetable Crops*. Avi Publishing Company, Inc. Connecticut. pp: 69-134.
- 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.
- Huerta de la P., A., S. Fernández R. e I. Ocampo F. 2007. Manual de Chile Poblano: importancia económica y sociocultural. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Fundación PRODUCE Puebla. A. C. ALTRES Costa-AMIC. 80 p.
- IPGRI, AVRDC y CATIE. 1995. Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum* spp.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Centro Asiático para el Desarrollo y la Investigación relativos a los Vegetales, Taipei, Taiwán y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 51 p.
- Laborde C., J.A. 1984. Los recursos genéticos del chile mexicano. *In*: *Presente y Pasado del Chile en México*. J.A. Laborde C., O. Pozo C. (comps), SARH, INIA, México, D. F. pp: 76-80.
- Long-Solis, J. 1986. *Capsicum* y Cultura: La Historia del Chili. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 181 p.

- McLeod M. J., S.I. Guttman, W.H. Eshbaugh. 1982. Early Evolution of Chili Peppers (*Capsicum*). *Economic Botany* 36: 361-368.
- Muñoz O., A. 1990. Modelo matemático 1 para evaluar resistencia a sequía. Casos uno a seis. *Evolución Biológica* 4: 93-106.
- Pickersgill, B. 1971. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (genus *Capsicum*). *Evolution* 25: 683–691.
- Pickersgill, B. 1989. Genetic resources of *Capsicum* for tropical regions. *In: Tomatoe and Peppers Production in the Tropics*. S.K. Green (ed.). Proceedings of the International Simposium on Integrated Management Practices. Asian Vegetable Research and Development Center. Tainan, Taiwan 21-26 March 1988. pp: 1-9.
- Pickersgill, B. 1997. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica* 96: 129-133.
- Rincón S., F. y J.M. Hernández C. 2000. Conservación de recursos fitogenéticos en México. *In: P. Ramírez V., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M, F. Rincón S. y F. Zavala G. (eds). Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Nacional. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C. Chapingo, México. pp: 51-68.*

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.

SAGARPA. 2008. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. http://reportes.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp. Consultado: 20 de octubre de 2009.

SAS Institute. 2002. SAS User's Guide: Statistics. Version 9.0. Statistic Analysis System Institute. Cary, North Carolina, USA. 1032 p.

Ulloa, C. 2006. Aromas y sabores andinos. *In*: Morales R.M., B. Øllgaard, L.V. Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev (eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. pp: 313-328.

UPOV, 2006. Ají, Chile, Pimiento. Código de la UPOV: CAPSI_ANN. *Capsicum annuum* L. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Documento Técnico TG/76/8. Unión Internacional para la Protección de los Obtenciones Vegetales. Ginebra. 47 p.

II. DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE VARIEDADES NATIVAS DE CHILE POBLANO

POBLANO PEPPER LANDRACES MORPHOLOGICAL DIVERSITY

Rocío Toledo-Aguilar¹, Higinio López-Sánchez², Pedro Antonio López², Juan de Dios Guerrero-Rodríguez², Amalio Santacruz-Varela³ y Arturo Huerta-de la Peña²

¹Estudiante de Maestría en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, México. ²Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Km 125.5 Carretera Federal México-Puebla, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. C.P. 72760. Tel. 01 222 285 0013. ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera Federal México-Texcoco, Montecillo, estado de México. C.P. 56230.

2.1 Resumen

La diversidad genética existente en los diferentes tipos de chile en México ha sido poco estudiada, a pesar de constituir uno de los pilares más importantes de la alimentación de la población mexicana. Específicamente en chile poblano o “mulato” (*Capsicum annuum* L.) no se han hecho investigaciones sobre la diversidad genética presente en las variedades nativas de la región de la Sierra Nevada de Puebla. Debido a lo anterior, el objetivo de este estudio fue caracterizar la diversidad morfológica de un grupo de variedades nativas de esta región. Mediante el uso de descriptores varietales se caracterizaron 49 variedades, de las cuales 43 fueron de chile poblano, dos de chile “loco”, una de “miahuateco”, una de chile ancho de la región de estudio y una del estado de Zacatecas, además de un híbrido comercial. Se establecieron dos experimentos mediante un diseño látice triple 7×7 . El análisis de componentes principales agrupó a la mayoría de las variedades de chile poblano y separó a las introducidas. Mediante el análisis de conglomerados se definieron cuatro subgrupos, cuyas variedades no tuvieron a la misma localidad como origen, lo que puede indicar intercambio de germoplasma entre los agricultores. Se encontró variabilidad en las poblaciones nativas, lo cual proporciona elementos para diseñar un programa de conservación, selección y fitomejoramiento de las variedades nativas de chile poblano en la Sierra Nevada de Puebla.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., diversidad morfológica, germoplasma, variedades nativas de chile poblano.

2.2 Summary

Genetic diversity in different types of Mexican chili peppers has been slightly studied, despite it is one of the most important pillars of Mexican population feeding. Specifically in “poblano” or “mulato” pepper (*Capsicum annuum* L) researches on genetic diversity present in landraces of The Sierra Nevada of Puebla region have not been done. Owing to that, the objective of this research was to characterize morphological diversity of a group of landraces of that region. By using varietal descriptors, 49 landraces were characterized, 43 of them were poblano pepper, 2 “loco” pepper, 1 “miahuateco”, 1 “ancho” pepper from the Sierra Nevada and 1 from Zacatecas State, and 1 commercial hybrid. Two trials were established using a 7 X 7 triple lattice experimental design. Principal components analysis grouped most of poblano pepper landraces and separated them from the introduced ones. Four subgroups were defined by means of cluster analysis, whose varieties had no relation with the provenance site, which suggest germplasm interchange among farmers. Variability among populations was found, which provide elements for designing a conservation, selection, and plant breeding program of poblano pepper landraces from the Sierra Nevada of Puebla.

Key words: *Capsicum annuum* L., morphological diversity, germplasm, poblano pepper landraces.

2.3 Introducción

El chile ha sido muy importante en la cultura mexicana (Long-Solís, 1986), particularmente la especie *Capsicum annuum* L., la cual fue domesticada en este país (Pickersgill, 1971; Long-Solís, 1986; Hernández-Verdugo *et al.*, 1999), y es donde se encuentra una gran diversidad tanto de formas cultivadas como silvestres, que son aprovechadas como alimento, condimento o medicamento (Long-Solís, 1986; Huerta *et al.*, 2007), mismas que están distribuidas por todo el país (Torres *et al.*, 1984; Acosta y Chávez, 2003)

Dentro de las especies de chiles, *C. annuum* L. es la de mayor distribución e importancia económica en el mundo (Heiser y Smith, 1953; Long-Solís, 1986; Pickersgill, 1997 y Ulloa, 2006), dentro de la cual se encuentra el chile poblano o “mulato”, cuya producción en la Sierra Nevada de Puebla se encuentra difundida de manera importante, constituyendo una fuente de ingresos para las familias rurales de esa región. No obstante, no se tiene documentada la diversidad morfológica que presenta en este tipo de chile, al igual que en otras variedades de chile, problema derivado en parte por las complicaciones en la unificación de criterios taxonómicos para tratar la variación infraespecífica dentro de los taxa cultivados (Hernández-Verdugo, 1999).

Pozo *et al.* (1991) mencionan que son pocos los estudios sobre la diversidad genética en el género *Capsicum* en México, destacando el realizado por Moreno *et al.* (2007) en chile guajillo sobre su diversidad morfológica, en el cual se evaluaron 17 variables cuantitativas y 18 cualitativas, basándose en la guía del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI *et al.*, 1995),

encontrando variación en características de longitud y ancho de hoja, así como longitud del peciolo en su primer componente principal, y en el segundo componente en características reproductivas como días a floración y fructificación. Por su parte, Kadri *et al.* (2009) realizaron un estudio con 48 poblaciones de *Capsicum annuum* L. en Turquía, en el que se estudiaron 67 variables agro-morfológicas, desde la emergencia de la plántula hasta madurez del cultivo, encontrando variación acumulada en los primeros seis componentes principales de 54.3 % del total de la variación. En este mismo estudio se observó que el primer componente principal se integró por variables de fruto como peso, diámetro, contenido de materia seca, y el segundo por variables de longitud del fruto y pedicelo. Estos resultados representan un área de oportunidad importante para mejorar caracteres de interés agronómico, a través de programas para la selección de genotipos hacia mayores rendimientos y mejores características en función de las necesidades e interés de los agricultores.

No obstante los avances en el tema, a la fecha se desconoce la diversidad genética del chile poblano en las distintas regiones de México, lo que dió pauta al planteamiento de la presente investigación, cuyo objetivo fue evaluar la diversidad morfológica de un conjunto de variedades nativas de chile poblano de la región de la Sierra Nevada del estado de Puebla, mediante la caracterización de las mismas, utilizando descriptores morfológicos de la guía del IPGRI *et al.* (1995).

2.4 Materiales y Métodos

2.4.1 Material vegetal

Se colectaron semillas de 43 variedades nativas de chile poblano en 12 localidades de 10 municipios de la Sierra Nevada del estado de Puebla, México. Esta zona se ubica al oeste del estado en un área comprendida entre los paralelos 19° 02' y 19° 28' de latitud norte y los meridianos 98° 15' y 98° 40' de longitud oeste; también se colectó una variedad de chile ancho y dos de chile “loco” de la misma región, una variedad de chile “miahuateco” del municipio de Santiago Miahuatlán, Puebla, una variedad de chile ancho en Fresnillo, Zacatecas, y el híbrido comercial de chile ancho “Doroteo”.

2.4.2 Producción de plántula

Previo a la siembra, las semillas se trataron con KNO_3 al 0.2 % para romper latencia, y con fungicida Interguzan 30-30 (pentacloronitrobenceno 30 % más disulfuro de tetrametil tiuram 30 %), a una dosis de 1 g/600 semillas, para prevenir ataques de patógenos. Como sustrato se utilizó una mezcla de peat moss mezcla III TBK[®] y tierra de monte (1:1).

La siembra se llevó a cabo el 10 de marzo de 2008 en charolas de unicel de 200 cavidades. Posteriormente, las charolas fueron colocadas en invernadero para la producción de plántula. A los 30 días después de la siembra se aplicaron los fertilizantes foliares Hakaphos[®] (20-5-5) y

Nitrofoska[®] (12-5-14 y micronutrientes) con una dosis de 2 g/20 l de agua diariamente y 24 g/20 l de agua cada 15 días, respectivamente, hasta el trasplante.

2.4.3 Localidades, diseño y unidad experimental

Las localidades donde se llevó a cabo la evaluación fueron Cháhuac, municipio de Domingo Arenas, Puebla, ubicada a 19° 08' latitud N y 98° 27' longitud O, a una altitud de 2240 metros sobre el nivel del mar (msnm) y en San Lorenzo Chiautzingo, Puebla, ubicada a 19° 12' latitud N y 98° 28' longitud O, a una altitud de 2360 msnm, ambas con clima templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2008). Se obtuvieron datos de temperatura y precipitación de la estación meteorológica de San Juan Tlale, Huejotzingo, Puebla de 2006 a 2008, registrando 972.1 mm anuales de precipitación, temperatura máxima de 22.9 °C, mínima de 7.1 °C y media anual de 14.6 °C (CONAFUPRO, 2009).

Las variedades se evaluaron en campo en parcelas de agricultores cooperantes, bajo un diseño experimental látice triple 7 × 7. La unidad experimental constó de un surco de 4.2 m de largo y 0.8 m de ancho, con dos plantas cada 0.35 m.

2.4.4 Manejo agronómico

El trasplante se realizó a 68 y 77 días después de la siembra en Cháhuac y en San Lorenzo Chiautzingo, respectivamente. Se le aplicaron tres riegos en el primer mes con agua rodada y el resto del tiempo se condujo bajo temporal. En ambas localidades se fertilizó con la fórmula 140-

80-60, usando como fuentes urea, sulfato diamónico y cloruro de potasio. Las aplicaciones se realizaron a los 20 y 45 días después del trasplante. El manejo de los experimentos se llevó a cabo conforme a las prácticas que tradicionalmente realizan los agricultores en la región, incluyendo cinco deshierbes manuales y dos aporques.

2.4.5 Variables medidas

Se registraron 79 variables morfológicas y agronómicas, de las cuales se tomaron 71 variables de acuerdo al manual de descriptores para *Capsicum* (IPGRI *et al.*, 1995); además, se registraron las variables ancho, longitud y peso de fruto seco. También se realizaron las estimaciones de índices de longitud-ancho de hoja cotiledónea, hoja madura, fruto fresco y seco; de igual forma, se estimó el rendimiento de fruto fresco mediante la ecuación $Rha = Rfpp \times 77.38$, donde Rha = rendimiento de fruto fresco ($t\ ha^{-1}$), $Rfpp$ = rendimiento de fruto fresco por planta (g), 77.38 = factor de densidad de población. Las variables de plántula se registraron en invernadero previo al trasplante y el resto en plantas cultivadas en campo.

2.4.6 Análisis estadístico

Para las variables de plántula se realizó un análisis de varianza considerando el modelo del diseño completamente al azar. Para el resto de las variables se realizó un análisis en bloques completos al azar, realizando un análisis combinado a través de localidades para conocer las variables que tuvieron significancia estadística. Se realizó también un análisis de correlaciones de Pearson para discriminar variables no correlacionadas. Con lo anterior, se realizó análisis de

componentes principales donde se utilizaron 4 variables de plántula, 7 de planta, 3 de floración, 10 de fructificación, 2 de semilla, 3 estimaciones de índice y rendimiento, según se muestra en el Cuadro 1. Adicionalmente, se realizó un análisis de conglomerados con el Método de Pares de Grupos con Media Aritmética no Ponderada (UPGMA por sus siglas en inglés), utilizando el programa SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2002).

2.5 Resultados y Discusión

En el análisis de varianza realizado para plántulas se encontraron dos variables estadísticamente significativas y seis variables altamente significativas. En el análisis combinado de las variables tomadas en campo, en el factor de variación localidades las variables con significancia estadística fueron 13, y 27 altamente significativas, por lo que 31 de ellas no presentaron significancia estadística; en el factor variedades se encontraron diferencias significativas para 12 variables, altamente significativas para 35 y no significativas para 24. Finalmente, la interacción de las variedades por localidades presentó 8, 2 y 61 variables significativas, altamente significativas y no significativas, respectivamente. El porcentaje de variables con significancia estadística en plántula y en campo en el factor variedades fue de 69.6. Este nos indica que existe una amplia diversidad morfológica en las variedades, manifestada en la mayoría de las variables evaluadas, diversidad que puede ser la base de programas de fitomejoramiento. Medina *et al.* (2006), que estudiaron 111 accesiones de 6 especies de Chile, de las cuales 5 son domesticadas, entre ellas *C. annuum*, donde evaluaron 69 variables, de las cuales el 94.2 % presentaron diferencias estadísticamente significativas, mencionan que esta diversidad indica la existencia de germoplasma de calidad para programas de fitomejoramiento a través de selección.

En el Cuadro 2 se muestran los primeros cuatro componentes principales, contrastados con las variables originales a través de los vectores propios, donde se observa el nivel de importancia de la variable original en la conformación de cada componente principal. El primer componente principal (CP1), que explicó el 22 % de la variación total (dato no mostrado en el Cuadro), estuvo influenciado principalmente por variables con relación a la calidad del fruto, como peso (PDF) y color en estado maduro (CFM); el segundo componente principal (CP2), que explicó el 18 % de la variación total, estuvo influenciado por variables sobre la capacidad reproductiva del fruto, tales como longitud de la placenta (LPL) y cuajado de fruto (CUF); por su parte, el componente principal tres (CP3), con 9 % de la variación, estuvo influenciado por variables como días a floración (DFL) y presencia de antocianinas en planta (APL) y fruto (MAF); y finalmente, el componente principal cuatro (CP4), con 7 % de la variación, estuvo constituido por características de estructura de la planta como son, altura (ALP) y ancho (ANP) de planta e índice de longitud y ancho de la hoja cotiledónea (ILAHC).

Los cuatro componentes principales considerados en este estudio explicaron el 56 % de la variación total presente en las variedades nativas de chile poblano. En un estudio de accesiones de chile guajillo provenientes de Durango, Zacatecas y Guerrero, México, se encontró que los primeros cinco componentes principales explicaron el 71.3 % de la variación total; en este estudio el primer componente principal estuvo integrado por variables de tipo vegetativas como longitud y diámetro de las hojas y el segundo componente por variables de tipo reproductivas (Moreno *et al.*, 2007). En otro estudio, Kadri *et al.* (2009) obtuvieron 54.3 % de la variación total con los primeros seis componentes principales en 48 accesiones de chile de Turquía, donde el primer componente principal estuvo conformado por diámetro, peso y volumen de fruto y el

segundo por longitud del fruto y pedicelo del mismo. Geleta *et al.* (2005) señalan que el comportamiento reproductivo es determinante en el grado de diversidad genética entre los cultivos, aunque Lefebvre *et al.* (1993) mencionan que el comportamiento reproductivo de *C. annuum* es muy inconstante, en comparación con otras especies autógamas, debido a que la mayoría de las especies de *Capsicum*, dentro de ellas *C. annuum*, son protogínicas (Pickersgill, 1997; Djian-Caporalino *et al.*, 2006) y existe un grado de excursión del estigma diferente para cada genotipo, lo cual amplía la posibilidad de polinización cruzada entre las poblaciones (Pickersgill, 1997).

El hecho de que en este estudio gran parte de la variación estuvo representada por calidad de fruto (peso del fruto fresco y color del fruto en estado maduro) se debe a que éstas son características deseables por los agricultores para obtener un mayor peso del fruto en estado maduro, y por los consumidores, por la relación del color con el principal producto de Chile poblano, el mole.

El conocimiento de las variables morfológicas de las variedades nativas de Chile poblano podrá ser útil para conservar y aprovechar de la mejor manera la diversidad de estas variedades. Al respecto, Hernández-Verdugo (1999) menciona que el conocimiento de la variación genética es una de las condiciones básicas para conservar, manejar y aprovechar la diversidad de los cultivos.

En la Figura 1 se muestra la dispersión de las variedades con base en los dos primeros componentes principales. Se observa que la mayoría de las variedades de Chile poblano se

agruparon del lado positivo del cuadrante, de acuerdo con el signo del vector propio de la variable original que compone cada componente principal. Las variedades introducidas se separaron de la agrupación general, donde la variedad de chile miahuateco (IM48-6), la colecta de chile ancho de Zacatecas (FA10-6), así como el híbrido y una variedad de chile poblano (CP01-5) se ubicaron hacia el extremo inferior izquierdo. En el extremo superior izquierdo se muestran las dos variedades de chile loco (TL43-6 y GL36-6). A pesar de haber una agrupación general en las variedades de chile poblano, puede observarse la formación de subgrupos, encontrándose con ello heterogeneidad dentro del mismo. Al respecto Votava *et al.* (2005) señalan que en cada región se realizan procesos de selección natural y artificial por cada uno de los agricultores y ésta puede ser la razón para encontrar dicha heterogeneidad.

La formación de los subgrupos se muestra en la Figura 2, que contiene el dendograma obtenido del análisis de conglomerados, en donde se delimitaron cuatro subgrupos de variedades de chile poblano, cuya descripción está basada en los promedios de las variables evaluadas.

Grupo 1. Este grupo se conformó por nueve variedades, que se distinguen por presentar forma de la hoja cotiledónea elongada deltoide, escasa pubescencia en el hipocotilo, índice largo-ancho de la hoja cotiledónea de 4.06 y de la hoja madura de 1.82, longitud de tallo de 19.4 cm, altura de planta de 43.31 cm, ancho de planta de 36.97 cm, 90.8 días a floración, longitud de la antera de 2.88, forma del ápice del fruto tipo romo, peso de fruto de 14.22 g, color del fruto en estado maduro marrón, longitud del pedicelo de 32.0 mm, 199 semillas por fruto, y rendimiento promedio de 3.9 t ha⁻¹. De manera general, las variedades de este grupo se identifican por tener plantas pequeñas, floración tardía, frutos color marrón y poco rendimiento.

Grupo 2. El grupo dos está conformado por 15 variedades, las cuales presentaron forma de la hoja cotiledónea lanceolada, pubescencia intermedia del hipocotilo, índice largo-ancho de la hoja cotiledónea de 3.98, menor índice de hoja madura de 1.81, 20.5 cm de longitud de tallo, 45.35 cm y 35.91 de altura y ancho de planta, respectivamente, 81.9 días a floración, menor longitud de antera con 2.85 mm, forma del ápice puntudo, 15.09 g de peso de fruto, color negro del fruto en estado maduro, 34.8 mm de longitud del pedicelo del fruto, 199 semillas por fruto, y rendimiento de 4.6 t ha⁻¹. En síntesis, las variedades de este grupo presentaron plantas de tamaño mediano, floración intermedia, fruto color negro y rendimiento intermedio.

Grupo 3. Este grupo estuvo integrado por 15 variedades, caracterizadas por tener forma de la hoja cotiledónea lanceolada, pubescencia del hipocotilo intermedia, índice largo-ancho de la hoja cotiledónea de 3.91 y de hoja madura de 1.77, mayor longitud de tallo con 22.01 cm, 48.42 cm de altura y 36.41 cm de ancho de planta, 82.8 días a floración, longitud de la antera de 2.86 mm, ápice del fruto tipo romo, mayor peso de fruto con 19.92 g, color del fruto maduro negro, longitud del pedicelo con 3.7 cm, 206 semillas por fruto y 5.3 t ha⁻¹ de rendimiento de fruto fresco. A manera de resumen, las variedades de este grupo presentaron plantas grandes, floración intermedia, frutos de color negro, mayor longitud de pedicelo, mayor número de semillas por fruto y un rendimiento mayor al grupo 1 y 2.

Grupo 4. Este grupo es el más pequeño de todos, con cuatro variedades, las cuales tuvieron forma de la hoja cotiledónea lanceolada, pubescencia del hipocotilo intermedia, 3.89 de índice largo-ancho de la hoja cotiledónea y menor índice de largo-ancho de la hoja madura junto con el grupo dos de 1.8, 21.0 cm de longitud de tallo, 45.32 cm y 37.41 cm de largo y ancho de la

planta, respectivamente, 77.9 días a floración, longitud de antera de 2.90 mm, tipo de ápice del fruto puntudo, peso de fruto de 11.4 g, color del fruto en estado maduro rojo oscuro, longitud del pedicelo de 35.2 mm, 182.12 semillas por fruto y rendimiento de 5.4 t ha⁻¹. Las plantas de este grupo presentaron plantas medianas, floración precoz, frutos de color rojo oscuro y rendimiento elevado.

Se esperaba que cada grupo estuviera integrado por variedades cuyo origen fuera la misma localidad; sin embargo, se observó que este corresponde a diferentes localidades de colecta de la semilla. Tampoco se observó relación de los grupos con subregiones; es decir, con la parte norte, sur, centro, oriente o poniente de la región. Tampoco hubo relación con la altitud. Al respecto, Rincón y Hernández (2000) mencionan que el flujo de material genético entre agricultores y entre comunidades contribuye, en parte, a la modificación gradual de la diversidad genética de los materiales locales.

En la misma Figura 2 también pueden distinguirse seis variedades que no forman parte de un grupo específico, ubicándose en los extremos del dendograma. Del lado izquierdo están una variedad de chile poblano (CP01-5), y la colecta de Miahuatlán (IM48-5). CPO1-5 se distinguió por tener mayor índice de largo y ancho de la hoja cotiledónea con 6.09, mayor altura de planta con 53.04, el mínimo espesor de la pared del pericarpio con 0.25 cm y rendimiento de 2.9 t ha⁻¹. Por su parte, IM48-5 tuvo color de tallo verde, mientras que todas las demás lo tuvieron verde con rayas púrpura, mayor índice de largo-ancho de la hoja madura con 1.95, macollamiento denso mientras que en el resto fue intermedio, 95.2 días a floración (la más tardía), menor peso de fruto con 6.04 g, y menor rendimiento de todas, 1.2 t ha⁻¹. Ambas obtuvieron bajo peso de

fruto y por lo tanto un rendimiento escaso, presentaron colores marrón y negro para miahuateco y poblano, respectivamente. Del lado derecho del dendograma se ubicaron cuatro variedades, la colecta de chile ancho de Zacatecas (FA10-6), el híbrido comercial Doroteo (HA49-6) y dos variedades de chile “loco” de la región de estudio (TL43-6 y GL36-6). La variedad de Zacatecas tuvo forma de la hoja madura deltoide, mientras que las demás fueron de tipo oval, menor longitud de tallo con 15.91 cm y altura de planta de 37.85 cm, mayor espesor de la pared del pericarpio con 0.48 mm, mayor peso por mil semillas con 7.5 g, y 3.6 t ha⁻¹ de rendimiento. El híbrido comercial Doroteo obtuvo menor ancho de planta con 24.14 cm, menor índice largo-ancho del fruto con 1.82, menor longitud del pedicelo, de placenta, número de semillas por fruto y peso de mil semillas con 27.79 cm, 16.89 cm, 126.56 semillas, y 5.03 g, respectivamente, y rendimiento de 2.6 t ha⁻¹. La variedad de chile loco de la región de estudio (TL43-6) se caracterizó por tener menor índice de largo-ancho de la hoja cotiledónea con 3.72, mayor ancho de planta con 43 cm, mayor precocidad con 76.5 días a floración, mayor longitud de la antera con 3.3 mm, cuajado de fruto alto, mayor índice largo-ancho de fruto con 3.33, mayor longitud de la placenta con 30.13 mm, color del fruto rojo, y 3.5 t ha⁻¹ de rendimiento. Finalmente, la otra variedad de chile loco (GL36-6) tuvo un cuajado de fruto alto mientras que todas las demás obtuvieron un cuajado intermedio, color de fruto rojo, y rendimiento de 2.9 t ha⁻¹.

Los datos anteriores reflejan la existencia de diversidad genética en las variedades nativas de la región de estudio, cuyo origen, al menos parcial, es la selección que por años el agricultor ha ejercido sobre estas variedades, obteniendo características deseables para ellos y los consumidores, como son tamaño, color, y calidad nutricional del fruto, precocidad, ancho y

longitud de la planta, rendimiento, entre otras. Esta misma selección, además de generar materiales genéticamente diversos, los ha adaptado a las localidades y ambientes específicos.

La adecuada evaluación y caracterización de la diversidad es importante para iniciar programas dirigidos a selección de variedades rendidoras, rescatando algunos caracteres de interés para aprovechar de manera eficaz este recurso fitogenético (Kadri *et al.*, 2009), posibilitando además la conservación del mismo, ampliando la base genética de los cultivos y de protección para el mismo (Yüzbaşıoğlu *et al.*, 2006). En este contexto, Votava *et al.* (2002 y 2005) indican que la disponibilidad y uso estratégico de la diversidad genética inter e intrapoblacional son pilares sobre los que descansa el futuro del mejoramiento.

2.6 Conclusiones

El análisis de Componentes Principales permitió explicar el 56 % de la diversidad morfológica de las variedades nativas de Chile poblano en base a cuatro de ellos. Las variables que influyeron en mayor porcentaje a la variación fueron peso y color de fruto en estado maduro en el Componente Principal 1 y cuajado de fruto y longitud de la placenta en el Componente Principal 2.

El análisis de dispersión de las variedades, en base a los Componentes Principales 1 y 2, permitió observar la separación de las variedades de Chile poblano de las de Chile loco, y de las introducidas, que incluyeron al Chile ancho, al miahuateco y al híbrido.

Aun y cuando las variedades nativas de chile poblano fueron agrupadas, el análisis de conglomerados permitió formar cuatro subgrupos, en función de características como rendimiento, precocidad, tamaño y forma de las hojas, tamaño de las plantas, color, peso y forma de fruto, así como cantidad y peso de semillas.

La formación de los subgrupos no se relacionó con las localidades de colecta, ni con las subregiones, o altitud de las localidades, debido posiblemente al flujo de semilla o de plántula entre los agricultores.

Las variedades de chile poblano de la región de la Sierra Nevada de Puebla, México presentaron diversidad morfológica que responde a diversos intereses de los agricultores y consumidores, como son el mejorar el rendimiento, los niveles de precocidad, el tamaño de las plantas, el número de frutos por planta, y atributos de calidad del fruto como son su forma, color y tamaño.

La guía utilizada del IPGRI *et al.* (1995), que se aplica a cualquier especie de chile, fue de utilidad, ya que permitieron obtener diferencias estadísticas entre variedades; sin embargo, sería de mayor utilidad el desarrollar guías de descriptores para cada especie de *Capsicum*, donde pudieran incluirse otras variables como número de pétalos, número de anteras, mayor gama de colores, longitud de gineceo, etc.

2.7 Agradecimientos

A la Fundación PRODUCE Puebla y al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI) por el financiamiento para la realización de este proyecto. A Taniel Aguilar Méndez, Fermín Alonso, Víctor y Ricardo López Ortega por su apoyo en la tomas de datos y manejo agronómico del cultivo.

2.8 Referencias bibliográficas

Acosta R G F, N Chávez S (2003) Arreglo topológico y su efecto en rendimiento y calidad de la semilla de chile jalapeño. *Agricultura Técnica en México* 29: 49-60.

CONAFUPRO (2009) Red Nacional de Estaciones Estales Agroclimatológicas. Estación de San Juan Tlale, San Miguel Huejotzingo, Puebla. Coordinadora Nacional de Fundaciones Produce. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/clima/est.aspx?numest=26890>. Consultado: 25 de septiembre de 2009.

Djian-Caporalino C, V Lefebvre, A-M Sage-Daubéze, A Palloix (2006) *Capsicum*. In: Singh R. J. (ed). *Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement*. Volume 3: Vegetable Crops. CRC Press, Taylor & Francis Group. N.Y., USA. pp: 185-243.

Heiser C B Jr, P G Smith (1953) The cultivated *Capsicum* peppers. *Economic Botany* 7: 214-227.

Huerta de la P A, S Fernández R e I Ocampo F (2007) Manual de Chile Poblano: importancia económica y sociocultural. Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Fundación PRODUCE Puebla. A. C. ALTRES Costa-AMIC. 80 p.

Geleta L F, M T Labuschagne, C D Viljoen (2005) Genetic variability in pepper (*Capsicum annuum* L.) estimated by morphological data and amplified fragment length polymorphism markers. *Biodivers Conserv* 14: 2361-2375.

Hernández-Verdugo S, P Dávila-Aranda, K Oyama (1999) Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64: 65-84.

INEGI (2008) Anuario Estadístico Puebla. Aspectos Geográficos. Coordenadas geográficas y altitud de las cabeceras municipales. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Serie I.
http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/int/nav/aee/08/pue/c21_01.xls.

Consultado: 25 de septiembre de 2009.

IPGRI, AVRDC y CATIE (1995) Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum* spp.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Centro Asiático para el Desarrollo

y la Investigación Relativos a los Vegetales, Taipei, Taiwán y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 51 p.

Kadri B M, D Eşiyok, K Turhan (2009) Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of pepper (*Capsicum annuum* L.) from Turkey. Spanish Journal of Agricultural Research 7: 83-95.

Lefebvre V, A Palloix, M Rives (1993) Nuclear RFLP between pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.). Euphytica 71: 189-199.

Long-Solís J (1986) Capsicum y Cultura: La Historia del Chili. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 181 p.

Medina C I, M Lobo, A F Gómez (2006) Variabilidad fenotípica en poblaciones de ají y pimentón de la colección colombiana del género *Capsicum*. Revista Corpoica–Ciencia y Tecnología Agropecuaria 7: 25-39.

Moreno-Pérez E C, O Cruz-Álvarez, C H Avendaño Arrazate, M A T Martínez Damián, A Peña Lomelí (2007) Morphological variation in guajillo chili pepper plants (*Capsicum annuum* L.). Proceedings of the 8th African Crop Science Society Conference. Held October, 27th-31st, 2007. Minia University, El-Minia, Egypt pp: 327-332.

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

Pickersgill B (1997) Genetic resource and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica* 96: 129-133.

Pozo C O, S Montes H, E Redondo J (1991) Chile (*Capsicum* spp). *In: Ortega P., R., G Palomino H., F Castillo G., V A González H., M. Livera M. (eds). Avances en el Estudio de los recursos fitogenéticos de México. SOMEFI. Chapingo, edo. de México. pp: 217-238.*

Rincón S F, y Hernández C J M (2000) Conservación de recursos fitogenéticos en México. *In: P. Ramírez V., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M, F. Rincón S. y F. Zavala G. (eds). 2000. Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura. Informe Nacional. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C. Chapingo, México. pp: 96-111.*

SAS Institute (2002) SAS User's Guide: Statistics. Version 9.0. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA. 1032 p.

Torres P I, M Luján F, R Hernández A, V Zamudio G, O Pozo C, J Ávila V, J Sosa C, J Piña R, C Sandoval H, J A Laborde C (1984) Tipos y subtipos de chiles que se cultivan en México *In: Presente y pasado del Chile en México. Laborde C., J. A.; O Pozo C.*

- (comps). Publicación Especial. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. SARH. México, D. F. pp: 26-60.
- Ulloa C (2006)** Aromas y sabores andinos. *In*: Morales RM, B Øllgaard, L. V. Kvist, F Borchsenius, H Balslev (eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. pp: 313-328
- Votava E J, G P Nabhan, P W Bosland (2002)** Genetic diversity and similarity revealed via molecular analysis among and within an *in situ* population and *ex situ* accessions of chiltepín (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*). Conservation Genetics 3: 123-129.
- Votava E J, J B Baral, P W Bosland (2005)** Genetic diversity of chile (*Capsicum annum* var. *annuum* L.) landraces from Northern New Mexico, Colorado, and Mexico. Economic Botany 59: 8-17.
- Yüzbaşıoğlu E, S Özcan, L Açık (2006)** Analysis of genetic relationships among Turkish cultivars and breeding lines of *Lens culinatis* Mestile using RAPD markers. Genet Resour Crop Evol 53: 507-514.

2.9 Cuadros y figuras

Cuadro 1. Variables morfológicas registradas para el análisis de componentes principales.

Variable	Variable
Plántula	Fructificación
Color del hipocotilo (CHI), pubescencia del hipocotilo (PHI), color de la hoja cotiledónea (CHC), forma de la hoja cotiledónea (FHC).	Manchas antocianínicas en el fruto (MAF), cuajado del fruto (CUF), color del fruto maduro (CFM), peso de fruto fresco (PDF), longitud del pedicelo del fruto (LPF), espesor de la pared del pericarpio (EPF), forma del ápice del fruto (FAF), apéndice del fruto (AFR), longitud de la placenta (LPL), condición de la mezcla varietal (CMV).
Planta	Semilla
Color del tallo (COT), forma de la hoja (FOH), antocianinas en los nudos de las plantas (APL), macollamiento (MAC), longitud del tallo (LOT), altura de la planta (ALP), ancho de la planta (ANP).	Peso de 1000 semillas (PMS), número de semillas por fruto (NSF).
Floración	Variables estimadas
Días a floración (DFL), longitud de la antera (LAN), pigmentación del cáliz (PCA).	Rendimiento (REND), índices de longitud/ancho de: hoja cotiledónea (ILAHC), hoja madura (ILAHM), fruto fresco (ILAF).

Cuadro 2. Componentes principales y sus vectores propios.

CP [†] VAR	CP1	CP2	CP3	CP4	CP VAR	CP1	CP2	CP3	CP4
	CHI	0.039	0.200	-0.036		0.025	LAN	-0.287	-0.006
PHI	0.088	0.227	0.011	-0.082	MAF	0.152	0.036	0.306	0.152
CHC	0.018	0.063	-0.034	-0.131	AFR	0.090	-0.269	-0.048	-0.164
FHC	-0.001	-0.093	-0.076	-0.134	CUF	-0.165	0.302	0.034	-0.093
ILAHC	-0.121	-0.112	-0.155	0.409	FAF	0.293	-0.203	0.006	0.107
COT	0.089	0.198	0.257	-0.249	ILAF	-0.195	0.274	0.075	0.025
FOH	-0.118	0.047	0.169	0.109	PDF	0.332	-0.039	-0.119	-0.119
ILAHM	-0.235	-0.104	0.002	0.006	CMV	-0.186	0.160	-0.071	0.099
APL	0.113	0.124	0.405	0.097	EPF	0.230	-0.164	-0.058	-0.153
MAC	-0.293	-0.006	0.026	-0.042	CFM	0.304	-0.058	0.194	0.192
LOT	0.173	0.113	-0.191	0.153	LPF	0.244	0.208	-0.214	0.084
ALP	0.128	0.093	-0.236	0.465	LPL	-0.065	0.371	0.007	-0.046
ANP	-0.016	0.187	-0.056	0.457	NSF	0.234	0.130	0.251	0.134
DFL	-0.068	-0.254	0.341	0.132	PMS	0.121	0.237	-0.286	-0.184
PCA	0.024	0.264	0.291	-0.053	REND	0.246	0.181	-0.173	-0.140

[†]CP: Componente principal; VAR: Variable (ver descripción en el Cuadro 1).

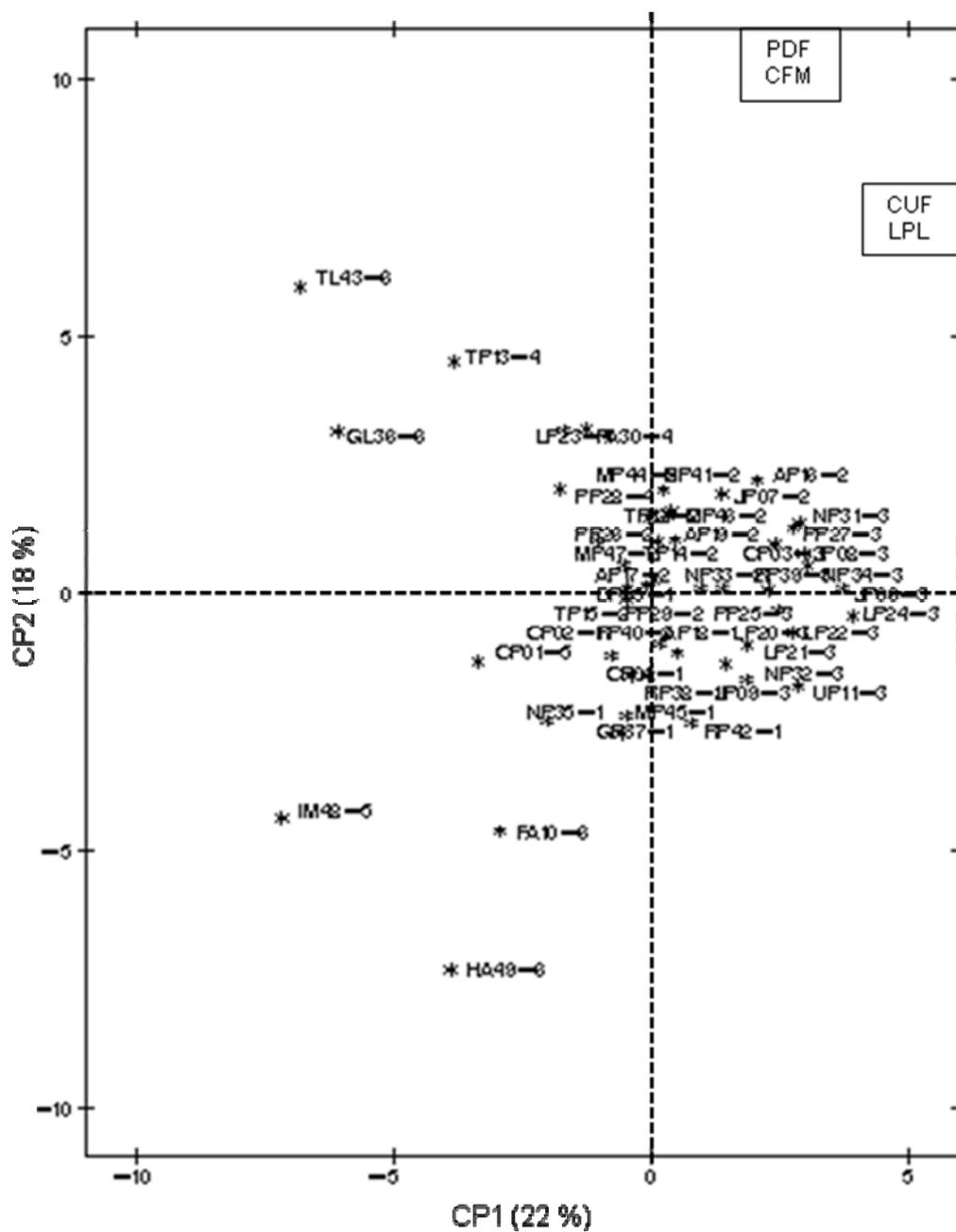


Figura 1. Dispersión de las variedades en los componentes principales uno y dos.

**III. CARACTERÍSTICAS VEGETATIVAS, REPRODUCTIVAS Y DE RENDIMIENTO
DE FRUTO DE VARIEDADES NATIVAS DE CHILE “POBLANO”***

**FRUIT YIELD, VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE CHARACTERISTICS OF
LOCAL “POBLANO” PEPPER LANDRACES**

**R. Toledo-Aguilar¹; H. López-Sánchez^{2¶}; P. A. López²; J. de D. Guerrero-Rodríguez²; A.
Santacruz-Varela³; A. Huerta-de la Peña²**

¹Estudiante de Maestría en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, México. ²Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Km 125.5 Carretera Federal México-Puebla Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. C.P. 72760. Correo-e: higiniols@colpos.mx ([¶]Autor responsable). ³Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera Federal México-Texcoco Montecillo Estado de México. C.P. 56230.

* Enviado para su publicación como artículo científico a la Revista Chapingo Serie Horticultura

3.1 Resumen

A pesar de la gran importancia económica y cultural del chile “poblano” poco se ha investigado para solucionar su problemática actual integrada por ataque de plagas y enfermedades, falta de paquetes productivos, rendimiento bajo, entre otros. Como consecuencia de lo anterior el número de agricultores y la superficie sembrada están disminuyendo, lo cual puede originar una pérdida de diversidad genética. Para coadyuvar a solucionar la problemática del rendimiento y pérdida de diversidad genética en las variedades nativas es necesario conocer sus características. El objetivo de este estudio fue evaluar la diversidad de un grupo de variedades nativas de chile poblano en la región de la Sierra Nevada de Puebla, México, mediante descriptores vegetativos, reproductivos y de rendimiento de fruto. Se estudiaron 49 variedades en un diseño experimental Látice triple 7×7, en dos localidades. De acuerdo con el análisis combinado, las variables que presentaron diferencias estadísticas significativas entre variedades fueron días a floración (70 a 96 días), fructificación (78 a 109 días), altura (37.9 a 56.8 cm) y ancho (24.1 a 44.3 cm) de planta, densidad de ramificación (5.7 a 6.8), peso (4.7 a 24.8 g) y número (2.2 a 7.2) de frutos. El grupo de variedades que integraron el 20 % superior obtuvo rendimientos de fruto fresco que fluctuaron entre 7.4 y 9.6 t·ha⁻¹. La existencia de diversidad genética en las variedades nativas de chile poblano, manifestada a través de las variables evaluadas, podría ser incorporada en programas de mejoramiento genético y de conservación de su diversidad genética.

Palabras Clave: *Capsicum annuum*, variables morfológicas, diversidad, Puebla, México.

3.2 Summary

Despite the economic and cultural importance of “Poblano” pepper, few attempts have been made in order to solve the current problems associated with this crop which faces pests attacks, diseases, lack of technological recommendations and low yield, among others issues. As a consequence of these aspects, farmers and the land being cultivated for this crop is decreasing, which may cause a loss of genetic diversity. A first step, towards enhancing possible solutions to the low fruit yield and to diminish the genetic loss of the diversity of local cultivars, is to characterize them. Thus, the aim of this study was to evaluate the morphological characteristics of 49 local cultivars from the region of Sierra Nevada of Puebla, Mexico, by means of vegetative descriptors and reproductive measurements, and fruit yield. 49 landraces were evaluated in a triplicate Lattice 7x7 established at two localities. From the combined analysis, the traits that had significant differences among varieties were days to flowering (70 to 96), days to fructification (78 to 109), plant height (37.9 to 56.8 cm), plant width (24.1 to 44.3 cm), branch density (5.7 to 6.8), fruit weight (4.7 to 24.8 g) and fruit number (2.2 to 7.2). The 20 % that formed the outstanding group of the varieties tested had fresh fruit yields that ranged between 7.4 to 9.6 t ha^{-1} . The existence of genetic diversity in the local varieties of “Poblano” pepper, expressed through evaluated traits, could be integrated into breeding and genetic conservation programs.

Key Words: *Capsicum annuum*; morphological characteristics; diversity; Puebla, Mexico.

3.3 Introducción

El chile es la segunda hortaliza de mayor importancia en México (Acosta y Chávez, 2003), país que es considerado como el centro de domesticación de la especie *Capsicum annum* L (Pickersgill, 1971; Long-Solís, 1986; MacNeish, 1995; Hernández-Verdugo *et al.*, 1999), la cual es la de mayor importancia económica (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999) y la más difundida por todo el mundo, de entre todas las especies cultivadas del género *Capsicum* (Ulloa, 2006); además, esta especie es la que presenta mayor variación morfológica y diversidad de usos. De manera general, la variación morfológica de esta especie se ha estudiado en frutos (De Teodoro-Pardo *et al.*, 2007), donde se ha encontrado una amplia diversidad de formas y tamaños; no obstante, en México hay pocos estudios de variabilidad genética que hayan considerado a toda la planta (Pozo *et al.*, 1991).

Dentro de *Capsicum annum* L existe una gran variedad de tipos (Acosta y Chávez, 2003), uno de los cuales es el chile “poblano”, que por ser ingrediente básico de platillos tradicionales, como el mole poblano, los chiles en nogada, etc., tiene gran importancia gastronómica, económica y social (Rodríguez *et al.*, 2007). Long-Solís (1986), menciona que los estados de Guanajuato, Jalisco y Puebla son los productores más importantes de este cultivo, sobresaliendo en este último, los alrededores de San Martín Texmelucan como principal productora de chile “poblano” o “mulato”. No obstante, Puebla podría dejar de ser un importante productor de chile poblano, ya que su superficie, producción están disminuyendo, así como el número de productores dedicados a este cultivo. Al respecto, la SAGARPA (2008) reporta que de 1997 a 2008 la superficie sembrada con chile ha disminuido 14 %, la producción 34 % y el rendimiento por hectárea 23 %; mientras que Rodríguez *et al.* (2007) mencionan que mientras hace una

década los rendimientos eran de 25 tha^{-1} , en la actualidad no alcanzan las 10 tha^{-1} , principalmente por presencia de plagas y enfermedades, y por la falta de paquetes tecnológicos que consideren variedades mejoradas, fertilizantes, densidad de población, y prácticas modernas de producción.

Por lo anterior, para coadyuvar a solucionar la problemática de la producción de chile poblano en la región se necesita recurrir a la diversidad genética existente, para tratar de mejorar genéticamente al chile poblano, pues como mencionan Krishnamurthy y Sahagún (1991), la diversidad es esencial para el mejoramiento de los cultivos, por el contenido de alelos favorables en las poblaciones cultivadas y silvestres, ya que cada especie adapta su información genética a las necesidades de sobrevivir en su entorno (Franco e Hidalgo, 2003). Por lo tanto, es necesario conocer la diversidad morfológica y el potencial agronómico de las variedades nativas de chile poblano, aspectos que han sido poco estudiados. Al respecto, Latournerie *et al.*, (2002) estudiaron los caracteres morfológicos en *C. annuum* y *C. chinense* con el fin de generar elementos de apoyo para la conservación *in situ* de las especies en los campos de los agricultores, detectando alta variabilidad a tres niveles, entre y dentro de especies, y dentro de morfotipos o variedades criollas.

Por su parte, Medina *et al.* (2006) evaluaron poblaciones de *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. pubescens* mediante caracteres morfológicos y agronómicos, en las cuales encontraron variación intra e interespecífica. En dicho estudio, las poblaciones de *C. annuum*, presentaron una amplia variabilidad, tanto en variables cuantitativas (ancho de planta, ancho y peso de fruto, días a floración y fructificación), como en variables cualitativas (densidad de ramificación, hábito de crecimiento y macollamiento), con gran potencial para ser

manipuladas por los programas de fitomejoramiento; sin embargo, la variedad correspondiente a chile poblano no fue incluida, ya que solo se contó con una accesión de México, la cual correspondió a *C. frutescens*. Existe por tanto, un desconocimiento acerca de la variación de caracteres morfológicos y agronómicos de las variedades nativas de este tipo de chile.

En este contexto, este estudio se planteó con la finalidad de sentar las bases para la generación de tecnología encaminada a contribuir a solucionar la problemática del chile poblano de la Sierra Nevada del estado de Puebla, México. El objetivo fue evaluar la diversidad morfológica de un grupo de variedades nativas de chile poblano, mediante el uso de descriptores vegetativos, reproductivos y rendimiento de fruto, con la meta de definir un grupo de poblaciones que serán la base para programas de mejoramiento genético y de conservación de la diversidad.

3.4 Materiales y Métodos

3.4.1 Material vegetal

Se colectó semilla de 43 variedades nativas de chile poblano en 10 municipios de la región de la Sierra Nevada del estado de Puebla, México, ubicados al oeste del estado en un área comprendida entre los paralelos 19° 02' y 19° 28' de latitud N y los meridianos 98° 15' y 98° 40' de longitud O; estas variedades fueron evaluadas junto con dos de chile “loco” de la misma región, una variedad de chile “miahuateco” de Santiago Miahuatlán, Puebla, México, que se cultiva en condiciones ambientales diferentes a las de la Sierra Nevada y de aspecto parecido al chile poblano. Adicionalmente se evaluó una variedad de chile ancho de Zacatecas, México y el híbrido comercial “Doroteo”, de la empresa Ahern de México.

3.4.2 Producción de plántula

Antes de la siembra se aplicó KNO_3 al 0.2% a las semillas para romper latencia, y el fungicida Pentacloronitrobenceno 30% + Disulfuro de tetrametil tiuram 30%, con la dosis 1.0 g/600 semillas para prevenir el ataque de hongos. La siembra se llevó a cabo el 10 de marzo de 2008, realizándose en charolas de unicel de 200 cavidades. El sustrato utilizado fue una mezcla de tierra de monte o encino y *peat moss* mezcla III TBK[®] (1:1). Las charolas fueron colocadas en un invernadero para la producción de la plántula. Cuando estas emergieron se les aplicó diariamente el fertilizante foliar 20-5-5, a dosis de 2.0 g/20 litros de agua, y cada 15 días el fertilizante 12-5-14 y micronutrientes, a dosis de 24 g/20 litros de agua.

3.4.3 Localidades de evaluación, diseño y unidad experimental

Las variedades se evaluaron en terrenos los agricultores cooperantes. Las localidades fueron a) Colonia Cháhuac, municipio de Domingo Arenas, Puebla, ubicado a 19° 08' de latitud N y a 98° 27' de longitud O, con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano C(w) a una altitud de 2440 metros sobre el nivel del mar (msnm), y b) San Lorenzo Chiautzingo, Puebla, ubicado a 19° 12' de latitud N y a 98° 28' de longitud O, con clima templado subhúmedo con lluvias en verano C(w), a una altitud de 2360 msnm (INEGI, 2008). Los datos de temperatura y precipitación se tomaron de la estación meteorológica de San Juan Tlale, Huejotzingo, Puebla de 2006 a 2008, que reportó una precipitación anual de 972.1 mm, con una temperatura máxima de 22.9 °C, mínima de 7.1 °C y media de 14.6 °C (CONAFUPRO, 2009). Las variedades se establecieron en un diseño experimental látice triple 7×7, con tres repeticiones en cada

localidad. La unidad experimental constó de un surco de 4.2 m de largo y 0.8 m de ancho, con dos plantas cada 0.35 m, para un total de 26 plantas por unidad experimental.

3.4.4 Manejo agronómico

El trasplante se realizó el 17 de mayo de 2008 en la Colonia Cháhuac y el 26 de mayo de 2008 en San Lorenzo Chiautzingo, a los 68 y 77 días después de la siembra en invernadero, respectivamente. Se trasplantaron tres plantas para aclarar dos por mata.

Se aplicaron tres riegos en el primer mes con agua rodada y el resto del tiempo en condiciones de temporal. En ambas localidades el suelo se fertilizó con la fórmula 140-80-60, usando como fuentes de N a la urea, de P al fosfato diamónico (18-46-00) y de K al cloruro de potasio, aplicando la mitad de N y todo el P y K a los 20 días después del trasplante (ddt) y el resto del N a los 45 ddt.

Se aplicó un insecticida a base de Lambdacihalotrina en cantidades de 15 ml/20 litros de agua, para controlar la mosquita blanca. Además de los fungicidas preventivos Propamocarb clorhidrato y Carbendazim cada mes a dosis de 100 g y 12 g/20 litros de agua respectivamente y los fungicidas curativos Oxiclورو de cobre, Metalaxil-M + clorotalonil y Metalaxil según incidencia de enfermedades con una dosis de 200 gr, 50 g y 200 ml/20 litros de agua respectivamente. También se aplicaron Micronutrientes y fitohormonas, 1.0 l/ha, en etapa de floración para evitar aborto.

El manejo de los experimentos durante todo el periodo de cultivo correspondió a las prácticas que tradicionalmente realizan los agricultores en la región, practicando cinco deshierbes manuales y dos aporques.

3.4.5 Variables medidas

El registro de las variables respuesta se realizó de acuerdo con la guía de descriptores varietales para Chile de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 2006): a) variables vegetativas, promedio de cinco plantas: altura de planta, tomada desde el suelo hasta el punto más alto de la planta (cm); ancho de planta, considerando la distancia entre los dos puntos extremos de la planta (cm); densidad de ramificación, registrada como escasa, intermedia y densa (3, 5 y 7 respectivamente); b) variables reproductivas: días a floración, contados desde el trasplante hasta que el 50% de las plantas tuvieron por lo menos una flor abierta; días a fructificación, contados desde el trasplante hasta que el 50% de las plantas tuvieron frutos en la primera bifurcación; c) Componentes del rendimiento, promedio de 10 frutos: peso de fruto (g); ancho de fruto, medido a un tercio de la base (mm); longitud de fruto, medido desde la base hasta el ápice (mm); además de número total de frutos por planta; y rendimiento de fruto fresco mediante la ecuación: $Rha = Rfpp \times 77.38$.

Donde:

Rha = rendimiento de fruto fresco ($t\ ha^{-1}$).

$Rfpp$ = rendimiento de fruto fresco por planta (g).

77.38= factor por concepto de densidad de población.

Se definieron estratos de precocidad en las variedades con base en los días a floración, dividiendo en tres el intervalo de días a floración, metodología aplicada en maíz para definir patrones varietales, concepto útil para el mejoramiento genético de variedades nativas (Gil-Muñoz *et al.*, 2004).

3.4.6 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza combinado a través de localidades, una comparación de medias mediante la prueba DMS (5%), y obtuvo una matriz de correlaciones de Pearson entre rendimiento y las variables evaluadas, utilizando el programa SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2002). Adicionalmente, se aplicó el Modelo Matemático 1 de resistencia a sequía (Muñoz, 1990) utilizado para detectar poblaciones sobresalientes bajo condiciones restrictivas, modelo que considera en primera instancia el rendimiento promedio de las variedades en el análisis combinado, posteriormente considera los rendimientos que se ubican dentro del 20% superior, los cuales se llevan a una gráfica para detectar visualmente aquellas variedades con mayor estabilidad entre las localidades, además del mayor rendimiento. El concepto de estabilidad en esta investigación se utilizó en forma diferente a lo propuesto por Eberhart y Russell (1966), ya que en este caso, se busca conocer el comportamiento de las variedades en una microrregión o nicho ecológico, de acuerdo con lo propuesto por Muñoz (1990). Las variedades más estables, entonces, serán aquellas que presenten rendimientos más similares entre las localidades, cuya línea en la figura presente una menor pendiente.

3.5 Resultados y Discusión

3.5.1 Análisis combinado

En el Cuadro 1 se muestra el análisis de varianza combinado de las variables evaluadas. Para el factor de variación localidades solamente altura de planta no fue significativa. En el factor variedades, sólo las variables ancho y longitud de fruto no presentaron significancia estadística. La interacción de las variedades con las localidades mostró significancia únicamente en las variables reproductivas. La gran diversidad morfológica indicada por las diferencias significativas en las variables puede ser explicada por dos razones: a) que a pesar de que las poblaciones del Chile son consideradas de reproducción autógena, se ha reportado la existencia de un porcentaje de polinización cruzada de 7 hasta 90 % (Djian-Caporalino *et al.*, 2006), porcentaje que depende del área de cultivo, del espaciamiento entre plantas, de la vegetación, de la cantidad de insectos polinizadores y del viento (Pozo, 1983), b) que cada uno de los agricultores preserva una variedad distinta, debido a los procesos de selección que cada uno de ellos ha empleado para mantener su variedad, al igual que sucede en el caso del maíz, donde los agricultores conservan sus materiales nativos, pero sin dejar de lado la adaptación y generación de germoplasma nuevo (CONABIO, 2008), ya que cada uno de los individuos dentro de una población es una fuente potencial de variantes y la suma de todos estos individuos es lo que se conoce como diversidad genética de una especie, lo que confiere una determinada capacidad homeostática que les permite adaptarse a su entorno (Franco e Hidalgo, 2003).

3.5.2 Variables vegetativas

Las medias de las variables vegetativas a través de localidades se muestran en el Cuadro 2. La altura de planta varió desde 37.9 hasta 56.8 cm, intervalo cuyo valor representó 33 % del valor máximo, y en el que la variabilidad estuvo representada por 13 grupos de variedades, con base en las letras de las medias. El ancho de planta presentó mayor amplitud en la variabilidad ya que el intervalo varió desde 24.1 hasta 44.3 cm, representando el 46 % del valor máximo, donde además se encontraron 15 grupos de variedades. La densidad de ramificación fue la que presentó menor variabilidad ya que el intervalo varió desde 5.7 (dato no mostrado en el Cuadro) hasta 6.8., representando el 16 % del valor máximo, donde se encontraron sólo seis grupos de variedades. El grupo superior en la altura de planta estuvo integrado por ocho variedades, por 11 en el ancho de planta y por 24 en la densidad de ramificación, lo cual indica la posibilidad de mejorar el rendimiento de las variedades nativas para estas características, ya que, por ejemplo, la altura de planta es una característica cuantitativa relacionada con el rendimiento (Sathyanarayanaiah *et al.*, 1991), como lo constata Linares (2004) quien en su estudio encontró que la variedad de Chile con mayor rendimiento obtuvo también la mayor altura de planta, por lo que la relación entre rendimiento y altura de planta fue directamente proporcional.

3.5.3 Variables reproductivas

La comparación de medias de las variables reproductivas del análisis combinado se muestra en el Cuadro 2. El intervalo de inicio a la floración fue de 70 a 96 (dato no mostrado en el Cuadro) días a partir del trasplante. De acuerdo con la metodología propuesta por Gil-Muñoz *et al.* (2004), se encontraron tres niveles de precocidad, variedades precoces (33 %), intermedias

(47 %) y tardías (20 %). El periodo de inicio a fructificación fue de 78 a 109 (dato no mostrado en el Cuadro) días. En este caso también se encontraron tres niveles de precocidad, variedades precoces (27 %), intermedias (61 %) y tardías (6 %). Las diferencias en los estratos de precocidad en base a floración fueron de nueve días y 11 en fructificación. Las variedades que integraron los niveles de precocidad con base en floración fueron similares en un 86 % a las que integraron los niveles de precocidad con base en fructificación, por lo que ambas características podrían considerarse para establecer los niveles de precocidad en Chile; sin embargo, a diferencia de Gil-Muñoz *et al.* (2004), quienes consideran a los días a floración para establecer los niveles de precocidad en maíz, en el caso de cultivos con períodos prolongados de floración y fructificación, ésta última es la que debe ser considerada para definir los niveles de precocidad, pues es la característica más importante en el rendimiento de cultivos como Chile. No obstante que la mayoría de las variedades son de precocidad intermedia, los datos del análisis de correlación del rendimiento con la floración fue -0.553^{**} y de -0.572^{**} para fructificación, lo que indica que entre más se retrase el inicio de ambas etapas el rendimiento disminuye, ya que se acorta el periodo de crecimiento del fruto, además de que éste puede ser interrumpido por las bajas temperaturas y la presencia de heladas en los valles altos, factores adversos que afectan en mayor intensidad el periodo de fructificación de las variedades tardías, por ser más corto. En este estudio las variedades de Chile poblano de mayor rendimiento fueron también las más precoces. En un estudio realizado por Santiago *et al.* (1998) en *Lycopersicon esculentum* Mill, se encontró que el rendimiento también estuvo asociado a la precocidad, en donde el inicio de la floración fue a los 70 días y el de la fructificación a los 79 días. La importancia de la precocidad en el rendimiento ha sido documentado también en pimiento (*Capsicum annuum* L) (De Grazia, 2006), en Chile serrano (*Capsicum annuum* L.) (Sathyanarayanaiah *et al.*, 1991) y en maíz (Bolaños y Edmeades, 1990).

La variabilidad observada en las variables reproductivas, de acuerdo con Franco e Hidalgo (2003), está en función de múltiples factores que han influido en la evolución de las poblaciones, tales como el proceso mismo de domesticación, donde el hombre ha ejercido procesos particulares de selección que han permitido la preservación de muchas variantes para incrementar la producción, para facilitar el manejo agronómico o para hacer frente a los factores adversos.

3.5.4 Rendimiento y sus componentes

Las medias del rendimiento y sus componentes a través de localidades se muestran en el Cuadro 3. La variable rendimiento tuvo una gran variabilidad ya que hubo rendimientos desde 1.6 hasta 9.6 t ha⁻¹. El grupo superior estuvo integrado por 21 variedades, y el rendimiento de las 10 variedades mejores fue desde 7.4 hasta 9.6 t ha⁻¹. Las variedades con los rendimientos más bajos fueron el híbrido Doroteo (Tratamiento 49) y el miahuateco (Tratamiento 48). El número total de frutos por planta varió desde 2.2 (dato no mostrado en el Cuadro) hasta 7.2, cuyo valor máximo correspondió a una variedad de chile loco. Los valores en las 10 mejores variedades variaron desde 3.4 a 5.9. El híbrido Doroteo presentó 4.2 frutos por planta y el miahuateco 3.0. El peso de fruto mostró mayor variabilidad ya que los datos variaron desde 4.69 g hasta 24.8 g. Siete de las mejores 10 variedades obtuvieron pesos de fruto mayores a 18 g, el peso del híbrido fue intermedio y el del miahuateco fue el más bajo.

Es importante resaltar que los 10 rendimientos mejores los obtuvieron variedades nativas de chile poblano y que los rendimientos más bajos correspondieron a las variedades Doroteo, que es el híbrido comercial, y miahuateco, que es una variedad nativa introducida. En la teoría de los

nichos ecológicos o microrregiones (Muñoz, 2003) ya se ha demostrado la superioridad que tienen las variedades nativas sobre las introducidas (Gil *et al.*, 1995; Muñoz, 2003; Ramírez *et al.*, 2003) cuando la evaluación se hace en las regiones donde se cultivan las variedades nativas, que son diferentes a las prevalecientes en los campos experimentales donde se forman y desarrollan los híbridos comerciales. De acuerdo con los resultados, este estudio contribuirá a fortalecer la teoría de los nichos ecológicos a cultivos hortícolas.

La superioridad de las variedades nativas respecto al híbrido, estuvo asociada principalmente a mayor precocidad en la floración ($r = -0.553^{**}$) y fructificación ($r = -0.572^{**}$), a mayor número de frutos por planta ($r = -0.633^{**}$) y a mayor peso de fruto ($r = -0.355^{**}$), y, aunque no hubo significancia en la correlación, a mayor altura ($r = 0.089$ NS) y ancho de planta ($r = 0.001$ NS).

3.5.5 Variedades sobresalientes y estables

Las 10 variedades con mayor rendimiento promedio se presentan en la Figura 1. La estabilidad en el rendimiento de plantas (Eberhart y Rusell, 1996; Lin *et al.*, 1986) ha sido ampliamente aceptada y aplicada a cultivos como el maíz (Francis y Kannenberg, 1978) y papa (Tai, 1971), entre otros. En estos estudios se analiza un gran número de macroambientes para encontrar aquellos genotipos con mayor estabilidad entre ambientes para hacer recomendaciones a gran escala; sin embargo, en la teoría de los nichos ecológicos o microrregiones la estabilidad se busca a nivel microregional, graficando los rendimientos obtenidos en las localidades. Los más estables serán aquellos con rendimientos similares entre localidades de la microrregión. En ese sentido, las variedades 7, 8 y 11 presentaron mayor estabilidad en ambas localidades con rendimiento de 7.5 a 8 t ha⁻¹. La variedad 27, además del mayor rendimiento (9.6 t ha⁻¹) presentó

una estabilidad aceptable, al cambiar su rendimiento de 10.4 a 8.49 t ha⁻¹. Las variedades 24 y 30 fueron las más inestables. El híbrido Doroteo presentó buena estabilidad, pero su rendimiento fue muy bajo.

El hecho de que se hayan encontrado variedades nativas con mayor rendimiento que el híbrido comercial y con estabilidad aceptable indica que existe potencial en las variedades nativas para coadyuvar a solucionar la problemática de la baja producción de chile poblano en la Sierra Nevada del estado de Puebla, mediante la aplicación de métodos de mejoramiento en las variedades sobresalientes.

3.6 Conclusiones

a) En las variables vegetativas el ancho de planta presentó mayor variación que la altura, y la densidad de ramificación fue la menos variable.

b) Aun cuando la floración y fructificación fueron útiles para definir niveles de precocidad, ésta última fue la base para definir los tres niveles de precocidad: variedades precoces, intermedias y tardías, donde prevalecieron las intermedias; sin embargo, las más precoces fueron las de mayor rendimiento.

c) Hubo variedades nativas con rendimientos de fruto muy superiores al híbrido comercial, además de que mostraron buena estabilidad a través de localidades.

d) Existe una gran diversidad morfológica en las variedades nativas de chile poblano de la Sierra Nevada del estado de Puebla, México, representada en sus características vegetativas,

reproductivas y rendimiento, lo que representa una opción para coadyuvar a solucionar la problemática de la baja producción de chile poblano en la región.

e) La diversidad genética encontrada en chile poblano requiere del establecimiento de un programa de conservación, manejo y uso eficiente de este recurso genético, a fin de lograr una agricultura más sustentable.

3.7 Agradecimientos

A la Fundación PRODUCE Puebla y al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos por el financiamiento para la realización del proyecto. A Toniel Aguilar, Fermín Alonso, Víctor y Ricardo López O. por su apoyo en la tomas de datos. Finalmente, a los productores de la asociación de chileros de Cháhuac y a Don Isaías Gutiérrez de San Lorenzo Chiautzingo por su apoyo con los terrenos para la ejecución del experimento, y a cada uno de los productores de chile de la región que donaron su semilla para la realización de este experimento.

3.8 Referencias

Acosta R., G. F. y N. Chávez S. 2003. Arreglo topológico y su efecto en rendimiento y calidad de la semilla de chile jalapeño. *Agricultura Técnica en México* 29: 49-60.

Bolaños, J. y G.O. Edmeades. 1990. La importancia del intervalo de la floración en el mejoramiento para la resistencia a sequía en maíz tropical. *Agronomía Mesoamericana* 1: 45-50.

CONABIO. 2008. Información biológica-agronómica básica sobre los maíces nativos y sus parientes silvestres. Documento de trabajo para el Taller Agrobiodiversidad en México: el caso del maíz. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 64 p.

CONAFUPRO. 2009. Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas. Estación de San Juan Tlale, San Miguel Huejotzingo, Puebla. Coordinadora Nacional de Fundaciones Produce. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/clima/est.aspx?numest=26890>. (Consultado: 25 de septiembre de 2009).

De Grazia, J., P.A. Tiftonell y A. Chiesa. 2006. Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). Ciencia e Investigación Agraria 34: 195-204.

De Teodoro-Pardo, C.V., A. García-Velázquez, T. Corona-Torres. 2007. Polimorfismo cromosómico en *Capsicum annuum* L. (Solanaceae) en recolectas de Puebla, Morelos y Querétaro, México. Revista Fitotecnia Mexicana 41: 873-881.

Djian-Caporalino, C., V. Lefebvre, A.M. Sage-Daubèze and A. Palloix. 2006. *Capsicum*. In: Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement. Volume 3. Vegetable Crops. Singh, R. J. (ed.). CRC Pres. N. Y. USA. .pp: 185-243.

Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science 6: 36-40.

- Francis, T.R. and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science* 58: 1029-1034.
- Franco, T. L. y R. Hidalgo. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico No. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 89 p.
- Gil M., A., A. Muñoz O., A. Carballo C. y A. Trinidad S. 1995. El patrón varietal de maíz en la región sureste de la Sierra Purépecha. I. Variables importantes empleadas en su definición. *Revista Fitotecnia Mexicana* 18: 163-173.
- Gil-Muñoz, A., P.A. López, A. Muñoz O. y H. López S. 2004. Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización. In: Chávez-Servia, J.L., J. Tuxill y D.I. Jarvis (eds). *Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales*. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp: 18-25.
- 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.
- INEGI. 2008. Anuario Estadístico Puebla. Aspectos Geográficos. Coordenadas geográficas y altitud de las cabeceras municipales. Serie I. Instituto Nacional de Estadística, Geografía

http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/int/nav/ae/08/pue/c21_01.xls.

(Consultado: 25 de septiembre de 2009).

Krishnamurthy, L. y J. Sahagún, C. 1991. Recursos Fitogenéticos: su Conservación para un Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 106 p.

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 Fitotecnia Mexicana 25: 25-33.

Lin, C. S., M.R. Binns and L.P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: where do we stand? Crop Science 26: 894-900.

Linares, L. 2004. Comportamiento de variedades de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) en la región occidental de El Salvador. Agronomía Mesoamericana 15: 25-29.

Long-Solís, J. 1986. *Capsicum* y Cultura: La Historia del Chilli. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 181 p.

MacNeish, R. S. 1995. Investigaciones arqueológicas en el Valle de Tehuacán. Revista Arqueología Mexicana 13: 18-23.

- Medina, C. I., M. Lobo y A.F. Gómez. 2006. Variabilidad fenotípica en poblaciones de ají y pimentón de la colección colombiana del género *Capsicum*. Revista Corpoica–Ciencia y Tecnología Agropecuaria 7: 25-39.
- Muñoz O., A. 1990. Modelo matemático 1 para evaluar resistencia a sequía. Casos uno a seis. Evolución Biológica 4: 93-106.
- Muñoz O., A. 2003. Centli-Maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico. Centli-Maíz. Editorial Cromocolor. 210 p. 35-94.
- Pickersgill, B. 1971. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (genus *Capsicum*). Evolution 25: 683-691.
- Pozo C., O. 1983. Estimates of natural cross-pollination in Serrano pepper (*Capsicum annuum* L.). *Capsicum* Newsletter 2: 113–115.
- Pozo C., O., S. Montes, y E. Rendón. 1991. Chile (*Capsicum* spp.). In: Ortega P.R., G. Palomino H., F. Castillo G., V.A. González H. y M. Livera M. (eds). Avances en el Estudio de los Recursos Genéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Méx. pp: 217-238.
- Ramírez, A. M., Y. Salinas M. y O.R. Taboada G. 2003. Maíz azul de los Valles Altos de México. I. Rendimiento de grano y caracteres agronómicos. Revista Fitotecnia Mexicana 26: 101-107.

- Rodríguez, J., B.V. Peña O., A. Gil M., B. Martínez C., F. Manzo, L. Salazar L. 2007. Rescate *in situ* del chile “poblano” en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30: 25-32.
- SAGARPA. 2008. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. http://reportes.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp. (Consultado: 20 de octubre de 2009).
- Santiago, J., M. Mendoza y F. Borrego. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana* 9: 59-65.
- SAS Institute. 2002. SAS User's Guide: Statistics. Version 9.0. Statistic Analysis System Institute. Cary, North Carolina, USA. 1032 p.
- Sathyanarayanaiah, K., M. Ramírez M. y O. Pozo C. 1991. Caracterización de líneas del banco de germoplasma de chile serrano, para rendimiento y sus atributos. *Agraria* 7: 1-13.
- Tai, G. C. 1971. Genotype stability analysis and its application to potato regional trials. *Crop Sci.* 11: 184–190.

Ulloa, C. 2006. Aromas y sabores andinos. *In*: Morales R.M., B. Øllgaard, L.P. Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev H (eds.). *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. pp: 313-328.

UPOV. 2006. Ají, Chile, Pimiento. Código de la UPOV: CAPSI_ANN. *Capsicum annuum* L. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Documento Técnico TG/76/8. Unión Internacional para la Protección de los Obtenciones Vegetales. Ginebra. 47 p.

3.9 Cuadros y Figuras

CUADRO 1. Cuadros medios del análisis de varianza combinado a través de localidades de las variables evaluadas.

Variable	Loc	Var	Var × Loc	Error	CV (%)
Días a floración	5801.94 **	236.93 **	186.36 **	102.78	12.48
Días a fructificación	11854.76 **	192.80 **	161.02 *	106.57	11.23
Altura de planta (cm)	46.85 NS	84.50 **	6.06 NS	23.22	10.45
Ancho de planta (cm)	259.03 **	56.43 **	4.84 NS	15.85	10.91
Densidad de ramificación	6.06 **	0.41 *	0.18 NS	0.24	8.04
Peso del fruto (g)	2007.16 **	88.22 **	35.09 NS	43.91	38.46
Ancho del fruto (mm)	9671.91 **	275.54 NS	156.85 NS	252.38	37.77
Longitud del fruto (mm)	21109.71 **	1326.46 NS	757.42 NS	1314.91	38.75
Número de frutos	42.22 **	5.81 **	1.88 NS	2.68	42.26
Rendimiento (t ha ⁻¹)	68.04 **	11.63 **	7.03 NS	6.51	43.66

*: Significancia estadística al 0.05%, **: Significancia estadística < 0.01%, NS: No significativo. Loc: Localidades; Var: Variedades; Var × Loc: Variedades × localidades; CV: Coeficiente de Variación.

CUADRO 2. Variables vegetativas y reproductivas a través de localidades del 50 % superior y los testigos.

Var	ALP (cm)	ANP (cm)	DER	DFL	DFR	Var	ALP (cm)	ANP (cm)	DER	DFL	DFR
24	56.8 a [†]	36.0 f	6.3 a	76.0 a	84.2 A	39	45.7 e	34.1 j	6.5 a	79.2 a	92.2b
23	51.8 a	44.3 a	6.4 a	70.2 a	78.4 A	28	44.8 f	35.4 g	6.4 a	83.2 b	92.2b
31	51.5 a	38.9 b	6.4 a	76.6 a	87.6 A	02	42.0 j	37.0 d	5.9 d	78.8 a	89.8 a
19	47.8 d	34.2 j	5.9 d	75.4 a	85.5 A	42	42.8 g	39.7 a	6.1 b	88.8 b	98.3b
11	47.3 d	37.2 c	6.1 b	81.0 a	91.0 B	46	43.7 g	35.5 g	6.2 a	83.2 b	93.4b
27	47.3 d	34.0 j	6.2 a	76.4 a	90.0 A	15	46.3 e	35.5 g	5.9 d	76.4 a	88.0a
07	46.6 e	38.8 b	6.4 a	71.0 a	80.4 A	22	43.6 g	37.0 d	5.8 e	80.6 a	90.8b
08	46.2 e	34.0 j	6.2 a	72.4 a	83.4 A	03	54.2 a	41.3 a	6.3 a	84.4 b	91.4b
12	42.3 h	37.3 c	5.7 f	78.0 a	95.2 B	13	42.9 g	35.5 g	6.8 a	72.0 a	86.4 a
30	41.9 j	34.3 j	6.0 c	80.2 a	89.0 A	10	37.9 m	32.1 n	6.0 c	80.8 a	92.6b
25	45.0 f	33.1 m	6.3 a	79.8a	89.0 A	43	42.1 i	43.0 a	6.4 a	71.4 a	82.8 a
34	48.3 c	36.6 e	6.0 c	75.6a	89.4 A	36	49.8 b	38.5 b	6.6 a	85.0 b	95.2b
20	47.4 d	36.3 e	5.9 d	82.8a	97.2B	49	38.1 m	24.1 o	6.1 b	82.8 a	95.0b
06	55.3 a	39.4 a	5.7 f	82.8a	89.8A	48	48.7 c	39.8 a	6.4 a	93.2 b	101.6b
44	46.3 e	36.4 e	6.0 c	72.2a	86.8A						

[†]: Medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales (DMS, 5%). Var: Variedad; ALP: Altura de planta; ANP: Ancho de la planta; DER: Densidad de ramificación; DFL: Días a floración; DFR: Días a fructificación.

CUADRO 3. Rendimiento y sus componentes a través de localidades del 50 % superior y los testigos.

Var	Rend (tha⁻¹)	NFP	PFR (g)	Var	Rend (tha⁻¹)	NFP	PFR (g)
27	9.6 a[†]	4.3 c	24.80 a	39	6.7 a	3.6 f	20.90 a
24	8.0 a	3.9 d	24.48 a	28	6.7 a	6.6 a	10.90 l
11	8.0 a	3.4 f	21.82 a	02	6.6 a	5.9 a	14.92 e
19	7.9 a	3.6 f	19.80 a	42	6.6 a	2.6 i	15.95 d
08	7.6 a	3.6 f	23.55 a	46	6.5 a	4.5 c	14.77 e
31	7.6 a	3.7 f	18.05 a	15	6.5 a	3.7 f	16.10 c
07	7.5 a	3.4 f	18.01 a	22	6.4 b	3.1 g	19.61 a
12	7.5 a	5.9 a	13.76 f	03	6.2 b	3.0 h	23.07 a
23	7.5 a	5.4 a	12.13 h	13	6.1 b	6.0 a	11.98 i
30	7.4 a	5.2 a	14.43 f	17	4.6 d	3.8 e	13.26 k
25	7.4 a	4.2 c	19.29 a	10	4.6 d	2.6 i	21.39 a
34	7.2 a	4.0 d	20.88 a	43	4.5 d	7.2 a	7.69 o
20	7.1 a	3.3 g	17.90 a	36	3.7 h	6.2 a	8.81 m
06	6.9 a	2.1 i	24.38 a	49	3.3 j	4.2 c	13.09 g
44	6.8 a	4.0 d	16.90 a	48	1.6 k	3.0 h	4.69 p

[†]: Medias con letras iguales son estadísticamente iguales (DMS, 5 %).
 Var: Variedad; Rend: Rendimiento; NFP: Número de frutos por planta;
 PFR: Peso de fruto.

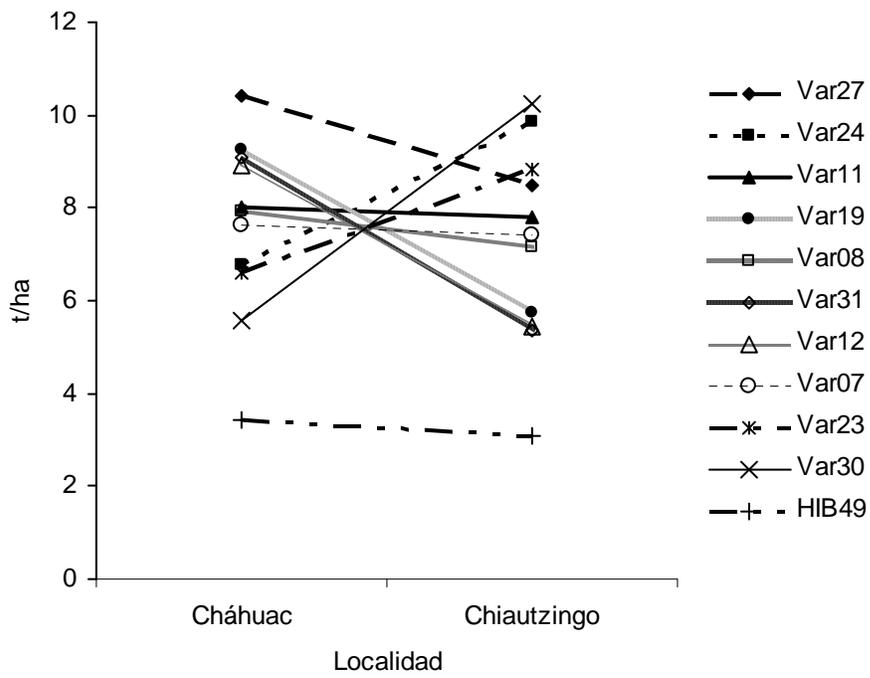


FIGURA 1. Comportamiento de las variedades sobresalientes por localidad. Var: Variedad.

IV CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados de la presente investigación indican que es posible contribuir a solucionar la problemática general del chile poblano en la región de la Sierra Nevada de Puebla, en base a que:

- a) Se encontraron variedades nativas con rendimiento superior al de variedades mejoradas recomendadas para la región, con la ventaja adicional de que éstas aún conservan las características de calidad preferidas por los consumidores en los diferentes platillos derivados de este fruto.
- b) Se encontró amplia diversidad morfológica en las variedades nativas de chile poblano, manifestada en las diferentes características presentes en planta, flor, fruto y rendimiento, diversidad que será de utilidad para mejorar las variedades nativas e incrementar su superioridad sobre las variedades mejoradas.
- c) La definición de subgrupos en las variedades nativas de chile poblano permitirá el planear de manera adecuada la conservación y aprovechamiento de la diversidad genética presente en chile poblano de la región, diversidad que está en riesgo por la disminución de la superficie cultivada y del número de agricultores dedicados a este cultivo.
- d) Será necesario generar algún programa de conservación de la diversidad genética de cada una de las variedades de chile poblano en la parcela de cada agricultor, debido a que los

resultados indicaron que es posible que se esté intercambiando semilla o plántula entre agricultores.