

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

Rocío Toledo-Aguilar¹; Higinio López-Sánchez^{2†}; Pedro Antonio López²;
Juan de Dios Guerrero-Rodríguez²; Amalio Santacruz-Varela³; Arturo Huerta-de la Peña²

¹Estudiante de Maestría en Ciencias, Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. km 125.5 Carretera Federal México-Puebla. Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla. C. P. 72760. MÉXICO.

²Colegio de Postgraduados Campus Puebla. km 125.5 Carretera Federal México-Puebla. Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. C. P. 72760.

³Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. km 36.5 Carretera Federal México-Texcoco. Montecillo, Estado de México. C.P. 56230. MÉXICO.
Correo-e: higinio@colpos.mx ([†]Autor para correspondencia).

RESUMEN

El chile “poblano” (*Capsicum annuum* L.) constituye una fuente de alimento y de ingresos para las familias rurales de la región de la Sierra Nevada de Puebla, México. Sin embargo, en los últimos años se ha observado una reducción en sus rendimientos y en su superficie sembrada, debido a factores como variedades, heladas, plagas y enfermedades, entre otros, lo que puede llevar a pérdida de su diversidad genética. Pese a lo anterior, poco se ha investigado para solucionar su problemática actual. El objetivo de este estudio fue evaluar las características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de un grupo de variedades nativas de chile poblano de la Sierra Nevada de Puebla y seleccionar variedades nativas para un mejoramiento genético posterior. Se estudiaron 49 variedades en un diseño experimental látice triple 7x7 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), fructificación (78 a 109), 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 morfológica en las variedades nativas de chile poblano, manifestada a través de las variables evaluadas, podría ser incorporada en programas de conservación de diversidad y mejoramiento genético.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Capsicum annuum* L., variables morfológicas, rendimiento, Puebla, México.

VEGETATIVE, REPRODUCTIVE AND FRUIT YIELD CHARACTERISTICS OF

"POBLANO" PEPPER LANDRACES

ABSTRACT

Besides its cultural importance, poblano pepper is a source of income and food for rural families of the region of Sierra Nevada in Puebla, Mexico. However, poblano pepper yield and cultivated land have decreased in the last year, due to factors as: landraces, frosts, pests and diseases, among other issues, which could lead to loss of genetic diversity. Nonetheless, little research has been done to solve its current problematic. Thus, the aim of this study was to evaluate the vegetative, reproductive and fruit yield characteristics of the native variety of poblano pepper from the region of Sierra Nevada in the state of Puebla, and to choose local cultivars for further breeding. A group of 49 landraces were evaluated using a triple 7x7 lattice design in two localities. According with 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), branching density (5.7 to 6.8), fruit weight (4.7 to 24.8 g) and fruit number (2.2 to 7.2). The 20 % outstanding varieties had fresh fruit yield that ranged between 7.4 and 9.6 t·ha⁻¹. The existence of morphological diversity in local poblano pepper landraces, expressed through the tested characteristics, could be integrated into plant diversity preservation and breeding programs.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Capsicum annuum* L., morphological characteristics, yield, Puebla, Mexico.

INTRODUCCIÓN

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

Capsicum annum L. presenta gran variedad de tipos (Acosta y Chávez, 2003), uno de los cuales es el chile "poblano" o "mulato", que por ser ingrediente básico de platillos tradicionales tiene gran importancia gastronómica, económica y social en Puebla (Rodríguez *et al.*, 2007). 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 (Long-Solís, 1986).

Existen reportes por la SAGARPA (2008) que en el periodo de 1997 a 2008 en Puebla hubo una reducción de la superficie sembrada dedicada a este cultivo (14 %), así como el rendimiento por hectárea (34 %), por lo que ese estado podría dejar de ser un importante productor de este chile; adicionalmente, Rodríguez *et al.* (2007) mencionan que en la última década los rendimientos han disminuido de 25 t·ha⁻¹ a 10 t·ha⁻¹; estas pérdidas han sido causadas principalmente por la presencia de enfermedades fúngicas, bacterianas y por nemátodos, además de plagas, heladas y por la falta de paquetes tecnológicos apropiados que atiendan las necesidades del cultivo en la región.

Por lo anterior, para coadyuvar a solucionar la problemática de producción de chile poblano en la región, es necesario recurrir a la diversidad genética existente, ya que se ha reportado que por medio del contenido de alelos favorables en las poblaciones cultivadas y silvestres (Krishnamurthy y Sahagún, 1991) se puede tratar de mejorar genéticamente cultivos como el chile poblano. Por lo tanto, es necesario conocer la diversidad morfológica y el potencial agronómico de las variedades nativas de chile poblano, aspectos que han sido poco estudiados.

Ya se han realizado otros estudios, como el de Latournerie *et al.* (2002), donde se estudiaron caracteres morfológicos en *C. annum* 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. De la misma manera, Medina *et al.* (2006) evaluaron poblaciones de *C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. pubescens* mediante caracteres morfológicos y agronómicos, en las cuales también se encontró variación

INTRODUCTION

Pepper (*Capsicum annum* L.) is the second most important vegetable in Mexico (Acosta y Chávez, 2003). This country is considered as its center of origin and genetic diversity (Pickersgill, 1971; Long-Solís, 1986; MacNeish, 1995; Hernández-Verdugo *et al.*, 1999). This specie has the greatest economic importance within the genus *Capsicum* (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999). Due to its diversity of uses and great morphological variation it is spread throughout the world (Ulloa, 2006). However, little research has been done in Mexico about genetic variability (Pozo *et al.*, 1991).

Capsicum annum L. shows great variety of types (Acosta and Chávez, 2003), poblano or mulato pepper, belonging to this species, is a basic ingredient in the Mexican food, having great gastronomic, economic and social importance in the state of Puebla (Rodríguez *et al.*, 2007). The states of Guanajuato, Jalisco and Puebla (specially the surroundings of San Martín Texmelucan in Puebla) are the most important producers of poblano pepper (Long-Solís, 1986).

SAGARPA (2008) reported that Puebla showed a reduction (14 %) in the cultivated land of Poblano pepper, as well as yield per hectare (34 %) in the period of 1997 to 2008; because of that, this state could no longer be the most important producer of this kind of pepper; additionally, Rodríguez *et al.* (2007) reported that in the last decade yields have decreased from 25 t·ha⁻¹ to 10 t·ha⁻¹; these losses have been caused mainly by the presence of fungal and bacterial diseases, nematodes, pests, frosts and due to the lack of technology that useful for crop needs in the region.

To solve the problem of Poblano pepper production in this region, it is necessary the use of existing genetic diversity, because it has been reported that by means of the content of alleles in cultivated and wild populations (Krishnamurthy and Sahagún, 1991), it is possible to genetically enhance crops such as poblano pepper crops. Therefore it is necessary to know the morphological diversity and the agronomic potential of the landraces of Poblano pepper, aspects that have been poorly studied.

In a study conducted by Latournerie *et al.* (2002), morphological characters in *C. annum* and *C. chinense* were studied, in order to produce support elements for *in situ* conservation of species in agricultural fields, observing high variability at three levels, between and in the species, and in morphotypes or landraces. In like manner, the populations of *C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. pubescens* by means of morphological and agronomic characters were evaluated by Medina *et al.* (2006), in which also intra- and interspecific variation were found. In this study the populations of *C. annum* showed high variability, both in quantitative (plant width, fruit width and weight, days to flowering and fructification) and in qualitative variables (branching density, growth habit and tillering), with great potential to be manipulated by the breeding programs; however, poblano pepper was not include, because Mexico only had one en-

intra e interespecífica. En dicho estudio las poblaciones de *C. annuum* presentaron 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, el chile poblano no fue incluido, ya que sólo 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.

Este estudio se planteó con la finalidad de sentar bases para la generación de tecnología encaminada a contribuir a solucionar la problemática del chile poblano de la Sierra Nevada del estado de Puebla. 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 sean la base para programas de mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

La colecta de semilla se realizó 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 norte y los meridianos 98° 15' y 98° 40' de longitud oeste. Se obtuvieron 100 g de semilla de 43 variedades nativas de chile poblano de esta región. La semilla fue proporcionada por agricultores, quienes la tomaron de la que ellos utilizan para la siembra del siguiente año, misma que obtienen seleccionando los frutos de mayor tamaño, mejor aspecto y libres de enfermedades. Las variedades fueron evaluadas utilizando como testigos a dos variedades de chile "loco" de la misma región, una variedad de chile "miahuateco" de Santiago Miahuatlán, Puebla, que se cultiva en condiciones ambientales diferentes a las de la Sierra Nevada y de aspecto parecido al chile poblano, además de una variedad de chile ancho de Zacatecas, México, y del híbrido comercial "Doroteo" de la empresa Ahern Internacional de México S.A. de C. V.

Producción de plántula

Antes de la siembra se aplicó una solución de KNO_3 al 0.2 % a las semillas para romper la latencia, y el fungicida Pentachloronitrobenzeno 30 % + Disulfuro de tetrametil tiuram 30 %, con la dosis 1.6 g para 1000 semillas, para prevenir el ataque de hongos. La siembra se realizó el 10 de marzo de 2008 en charolas de unicel de 200 cavidades. El sustrato utilizado fue una mezcla de tierra de monte y *peat moss* mezcla III TBK® (1:1). Las charolas, cubiertas con plástico, fueron colocadas en

try, which corresponded to *C. frutescens*. So, there is a lack of knowledge about the variation of morphological and agronomic characters of the landraces of this kind of pepper.

This study was proposed with the purpose of laying groundwork for the generation of technology intended to contribute to a solution for the problematic of poblano pepper from Sierra Nevada in the state of Puebla. The aim was to assess the morphological diversity of a group of poblano pepper landraces by means of the use of yield fruit, reproductive and vegetative characteristics in order to define a group of populations as the base for breeding programs.

MATERIAL AND METHODS

Plant material

Seed collection was carried out in 10 municipalities of the region of Sierra Nevada in the state of Puebla, Mexico, located to the west of the state between parallels 19° 02' and 19° 28' N and meridians 98° 15' and 98° 40' W. 100 g of seeds were obtained from 43 native varieties of poblano pepper. Seed was provided by agricultural farmers, seeds they would use to plant next year. This seed is obtained by selecting the fruits with good appearance and size and disease-free. Varieties were evaluated using as the control treatment two varieties of "loco" pepper from the same region, a variety of the miahualtecan pepper from Santiago Miahuatlán, Puebla, that is cultivated in different environmental conditions than those in Sierra Nevada and the aspect is similar to the poblano pepper; and a variety of the pepper known as "Poblano ancho pepper" from Zacatecas, Mexico, and the commercial hybrid "Doroteo" from the Ahern Company in Mexico.

Seedlings production

Before sowing, a solution of KNO_3 at 0.2 % was applied to seeds in order to break the latency, thus 30 % of *fungicide pentachloronitrobenzene* + 30 % of Tetramethyl thiuram disulfide, with a dose of 1.6 g for 1000 seeds were applied to prevent from fungus. In March 2008 sowing was carried out using polystyrene trays with 200 cavities. The substratum used was a mixing of forest soil and peat moss III TBK (1:1). Trays cover with plastic, were placed inside a greenhouse for plant production. When they emerged, a foliar fertilizer with a formula 20-5-5 was daily applied, at a dose of 1 g·L⁻¹ of water. Every 15 days a fertilizer was used with a formula 12-5-14 and micronutrients, at a dose of 1.2 g·L⁻¹ of water.

Sites of evaluation, design and experimental unit

Varieties were assessed in agricultural fields. The sites were a) Colonia Cháhuac, municipality of Domingo Arenas, Puebla, located at 19° 08' N and 98° 27' W, with a humid temperate climate with rains during summer C(w), at an altitude of 2,440 m, and b) San Lorenzo Chiautzingo, Puebla, located at 19° 12' N and at 98° 28' W, with a humid temperate climate with rains during summer C(w), at an altitude of 2,360 m (INEGI, 2008). Temperature and precipi-

invernadero para la producción de plántula. Cuando éstas emergieron se les aplicó diariamente un fertilizante foliar con la fórmula 20-5-5, a dosis de $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de agua, y cada 15 días el fertilizante con fórmula 12-5-14 y micronutrientes, a dosis de $1.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de agua.

Localidades de evaluación, diseño y unidad experimental

Las variedades se evaluaron en terrenos de agricultores cooperantes. Las localidades fueron a) Colonia Cháhuac, municipio de Domingo Arenas, Puebla, ubicado a $19^{\circ} 08'$ de latitud norte y a $98^{\circ} 27'$ de longitud oeste, con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano C(w), a una altitud de 2,440 m, y b) San Lorenzo Chiauhtzingo, Puebla, ubicado a $19^{\circ} 12'$ de latitud norte y a $98^{\circ} 28'$ de longitud oeste, con clima templado subhúmedo con lluvias en verano C(w), a una altitud de 2,360 m (INEGI, 2008). Los datos de temperatura y precipitación se obtuvieron de la estación meteorológica de San Juan Tlale, Huejotzingo, Puebla, donde se reportó una precipitación anual de 972.1 mm, 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 7×7 con tres repeticiones en cada localidad. La unidad experimental constó de un surco de 4.2 m de longitud y 0.8 m de anchura, con dos plantas cada 0.35 m, para un total de 26 plantas por unidad experimental.

Manejo agronómico

El trasplante se realizó a 68 y 77 días después de la siembra en la colonia Cháhuac y en San Lorenzo Chiauhtzingo, respectivamente. Se trasplantaron tres plantas por mata con la finalidad de dejar dos después del establecimiento de las plantas.

El cultivo se condujo en condiciones de “punta de riego”, que implica aplicar riego después del trasplante hasta que se establezcan las lluvias.

En ambas localidades 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 del 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 (Lambdacihalotrina) en cantidades de $0.75 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ de agua para controlar la mosquita blanca (*Bermisia tabaci*). Además, se aplicaron los fungicidas preventivos Propamocarb clorhidrato y Carbendazim cada mes a dosis de 5 y $0.6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de agua, respectivamente, y los fungicidas curativos Oxidicloruro de cobre, Metalaxil-M + clorotalonil y Metalaxil con una dosis de 10 g, 2.5 g y $10 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ de agua, respectivamente. También se aplicaron Micronutrientes y fitohormonas a dosis de $1 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ en 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. Cabe mencionar que a mediados de noviembre del año de evaluación se

pitacion data were obtained from the meteorological station of San Juan Tlale, Huejotzingo, Puebla, were the annual precipitation was 972.1 mm, with a maximum temperature of 22.9° , with minimum temperature of 7.1°C and an average temperature of 14.6°C (CONAFUPRO, 2009). Varieties were determined with a 7×7 lattice design with three replications at each site. The experimental unit consisted of a furrow of 4.2 m length and 0.8 m width, with two plants at each 0.35 m, for a total of 26 plants per experimental unit.

Agronomic management

Transplanting was conducted at 68 and 77 days after sowing, in the neighborhood of Cháhuac and in San Lorenzo Chiauhtzingo, respectively. Three plants per bush were transplanted with the purpose of leaving two after the plant establishment.

The crop was conducted in conditions of “single early irrigation”, which implies to irrigate after transplanting until the rainy season.

In both sites, formula 140-80-60 was used as fertilizer, using as sources the urea for N, Diammonium phosphate for P (18-46-00) and potassium chloride for K, applying the half of N and all P and K 20 days after transplanting and the rest of N after 45 days after transplanting.

An insecticide (Lambdacihalotrina) in $0.75 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ was applied to control whitefly (*Bermisia tabaci*). Moreover, preventive fungicides: Propamocarb hydrochloride and Carbendazim, at a dose of 5 and $0.6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ of water, respectively, and curative fungicides: Copper oxychloride, Metalaxyl-M+ Chlorothalonil and Metalaxyl with a dose of 10 g, 2.5 g and $10 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ of water, respectively, were monthly applied. Also a dose of $1 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ of micronutrients and phytohormones was applied during the flowering stage in order to avoid abortion.

The management of experiments throughout the growing period corresponds to the traditional practices carried out by agricultural farmers of the region. It is worth mentioning, that mid-November of the year of evaluation a frost occurred, halting plants growth and finishing with the crop cycle.

Response variables

The register of the evaluated characters was carried out according to the manual of characteristics for *Capsicum* (IPGRI *et al.*, 1995):

a) Vegetative characters, average of five plants: plant height, measured from the floor to the highest point on the plant (cm); plant weight, considering the distance between two endpoints of the plant (cm); branching density, registered as limited, intermediate, and dense (3, 5 and 7, respectively);

b) Reproductive characters; days to flowering, counted since the moment of transplanting until 50 % of the plants had at least an open flower; days to fructification,

presentó una helada que detuvo el crecimiento de las plantas, terminando así con el ciclo del cultivo.

Variables respuesta

El registro de los caracteres evaluados se realizó de acuerdo al manual de descriptores para *Capsicum* (IPGRI *et al.*, 1995):

a) Caracteres vegetativos, 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) Caracteres reproductivos: 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 de 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:

$$Rha = Rfpp \times 7.8$$

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.

Las variedades se clasificaron en tres grupos de precocidad definidos con base en los días a fructificación obtenidos para definir patrones varietales, concepto útil para el mejoramiento genético de variedades nativas (Gil-Muñoz *et al.*, 2004).

Análisis estadístico

En el análisis individual de los experimentos para cada localidad no se encontró mayor eficiencia en el diseño como látice respecto al análisis como bloques completos al azar; por lo que, para simplificar la interpretación de los resultados del análisis combinado, se decidió realizar éste mediante el diseño de bloques completos al azar. Además y con la finalidad de resaltar el grupo superior de variedades, y no con el propósito de definir grupos similares dentro del total de variedades, se realizó una prueba de comparación de medias mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS), con nivel de probabilidad de 5 %, y se estimaron las correlaciones de Pearson entre rendimiento y las variables evaluadas, utilizando el programa SAS versión 9.0 (Statistical Analysis System Institute, 2002); para el caso de las variables días a floración y fructificación la DMS se sumó al valor mínimo obtenido, debido a que un

counted since the transplanting until 50 % of the plants had fruits in the first bifurcation;

c) Yield components, average of 10 fruits: fruit weight (g); fruit width, measured at a third from the base (mm); fruit length, measured from the base to the apex (mm); in addition total number of fruits per plant; and fresh fruit yield were obtained by means of the equation:

$$Rha = Rfpp \times 7.8$$

Where:

Rha= fresh fruit yield (t·ha⁻¹);

Rfpp= fresh fruit yield per plant (g);

77.38= factor by concept of population density.

Varieties were classified in three groups of precocity based on the days of fructification obtained to define varietal patterns, useful concept for genetic improvement of landraces (Gil-Muñoz *et al.*, 2004).

Statistical analysis

In the individual analysis of the experiments for each site a greater efficiency was not observed in the lattice design according to the analysis of randomized complete block; therefore, in order to simplify the interpretation of the results of the combined analysis, it was decided to perform this analysis by means of the randomized complete block design. Moreover and with the purpose of emphasizing the upper group of varieties, and not with the purpose to define similar groups within the total varieties, a mean comparison test was carried out by means of the least significant difference (LSD) test, with a level of probability of 5 %, the correlations of Pearson between yield and the evaluated variables were determined, using SAS Software Version 9.0 (Statistical Analysis System Institute, 2002); in case of the variables days to flowering and fructification, LSD was added to the minimum value obtained, because a lower value (greater precocity) is more desirable for the purpose of selecting varieties.

The model proposed by Muñoz (1990) was used, which allows to evaluate the behavior and to select the varieties in a microregion. First, this model considers the average yield of the varieties in the combined analysis and subsequently, the yields that are 20 % higher, which are placed on a graph to visually detect varieties with greater stability and yield among sites. In the concept of stability proposed by Eberhart and Russell (1966) the behavior of a variety in different contrasting environments is analyzed; in this research this proposal was not used. In this case the aim was to know the behavior of the varieties in a micro-region or ecological niche. The most stable varieties were those that showed more similar yields among the studied sites, the figure line showed a reduced slope. This will be the varieties that will be used in future breeding programs.

menor valor (mayor precocidad) es lo más deseable con fines de selección de variedades.

Adicionalmente, se utilizó el Modelo propuesto por Muñoz (1990) que permite evaluar el comportamiento y seleccionar variedades en una microrregión. Este modelo considera en primera instancia el rendimiento promedio de las variedades en el análisis combinado, y 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. En el concepto de estabilidad propuesto por Eberhart y Russell (1966) se analiza el comportamiento de una variedad en muchos ambientes contrastantes; en esta investigación no se utilizó dicha propuesta, ya que en este caso se buscó conocer el comportamiento de las variedades en una microrregión o nicho ecológico. Las variedades más estables, entonces, fueron aquellas que mostraron rendimientos más similares entre las localidades del estudio, cuya línea en la figura presentó una menor pendiente. Estas serán las variedades a utilizar en futuros programas de mejoramiento genético.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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. Al respecto, De Peuw *et al.* (1991) mencionan que el comportamiento agronómico basado en estudios repetidos en otros ambientes y el conocimiento de los ambientes son útiles para explicar los patrones diferenciales de respuesta de las variedades. Rea y De Sousa-Vieira (2001) mencionan la ventaja de seleccionar variedades que tengan buen comportamiento en varios ambientes; sin embargo, esto no siempre es posible debido a la interacción genotipo-ambiente (GA), ya que reduce las posibilidades de la selección de variedades.

La gran diversidad morfológica presente en las variedades nativas de Chile poblano, indicada por las diferencias significativas en los caracteres evaluados, puede ser explicada por dos razones: a) a que a pesar de que las poblaciones de Chile son de reproducción autógama, se ha reportado la existencia de un porcentaje de polinización cruzada desde 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), y b) a que cada uno de los agricultores ha seleccionado su semilla durante años en condiciones ambientales y de

RESULTS AND DISCUSSION

Combined analysis

A combined analysis of variance of the evaluated variables is shown in Table 1. For the site variation factor, only plant height was not significant. No statistical significance was observed in the variables of fruit width and length. The interaction of the varieties with the sites showed significance only in the reproductive variables. About this, De Peuw *et al.* (1991) reported that agronomic behavior based in repeated studies in other environments and the understanding of the environments are useful to explain the differential patterns of response of the varieties. Rea and De Sousa-Vieira (2001) mentioned the advantage of selecting varieties that have good behavior in different environments; however, this is not always possible due to the genotype-environment interaction, because it reduces the possibilities of selecting varieties.

The great morphological diversity in native varieties of poblano pepper, showed by the significant differences in the evaluated characters, can be explained by two reasons: a) although the populations of pepper belongs to the autogamous reproduction, it has been reported the existence of a percentage of cross-pollination of 7 to 90 % (Djian-Caporalino *et al.*, 2006), percentage that depends on crop area, spacing between plants, vegetation, amount of pollinating insects and wind (Pozo, 1983), and b) each one of the agricultural farmers has selected his own seed over the years, in different environmental conditions and agronomic management, preserving a different variety, the same applies for maize (CONABIO, 2008). The importance of a great morphological diversity in crops is that it represents a potential source of variants, used for plants grow in different growing environments and to develop a certain homeostatic ability to adapt to their environment (Franco and Hidalgo, 2003).

Vegetative characters

Means of the vegetative variables are shown in Table 2. Plant height oscillated from 37.9 to 56.8 cm (18.9 cm), interval that represented 33 % of the maximum value, the variable was represented by 13 varieties groups based on the letter of the means. Plant width showed greater amplitude in the variability, because the interval oscillated from 24.1 to 44.3 cm (20.2 cm), representing 46% of the maximum value, where also 15 varieties groups were found. Branching density showed lower variability because the interval oscillated from 5.7 (data not shown) to 6.8, representing 16 % of the maximum value, where also six varieties groups were found. The upper group of plant height was integrated by eight varieties, by 11 in plant width and by 24 in branching density, which indicates the possibility of improving the yield of the native varieties for these characteristics, because, for example, plant height is a quantitative characteristic related to the yield (Sathyanarayanaiah *et al.*, 1991), confirmed also by Linares (2004), who found that the pepper variety with the highest yield had also the hig-

CUADRO 1. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado de las variables evaluadas en chile poblano.**TABLE 1. Means squares of the combined analysis of variance of the assessed variables in poblano pepper.**

Caracter evaluado	Loc		Var		Var×Loc		Error	CV (%)
Días a floración	5,801.94	**	236.93	**	186.36	**	102.78	12.48
Días a fructificación	11,854.76	**	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)	2,007.16	**	88.22	**	35.09	NS	43.91	38.46
Ancho del fruto (mm)	9,671.91	**	275.54	NS	156.85	NS	252.38	37.77
Longitud del fruto (mm)	21,109.71	**	1,326.46	NS	757.42	NS	1,314.91	38.75
Número de frutos por planta	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
Grados de libertad	1		48		48		192	

*Significancia estadística al 0.05 %,

**: Significancia estadística < 0.01 %,

NS: No significativo.

Loc: Localidades; Var: Variedades; Var × Loc: Variedades × localidades; CV: Coeficiente de Variación.

*Statistical significance at 0.05 %,

**: Statistical significance < 0.01 %,

NS: no significant.

Loc. Sites; Var: Varieties; Var x Loc: Varieties x sites; CV: coefficient of variation.

manejo agronómico diferente, preservando cada uno de ellos una variedad distinta, al igual que sucede en el caso del maíz (CONABIO, 2008). La importancia de una gran diversidad morfológica en los cultivos es que representa una fuente potencial de variantes, utilizadas por las plantas para desarrollarse en los diferentes ambientes de cultivo y para desarrollar una determinada capacidad homeostática para adaptarse a su entorno (Franco e Hidalgo, 2003).

Caracteres vegetativos

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 (18.9 cm), intervalo que representó el 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 (20.2 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) hasta 6.8, representando el 16 % del valor máximo, donde además sólo se encontraron 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

height, therefore the relationship between plant height and yield was directly proportional.

Reproductive characters

The comparison of means of the reproductive variables of the combined analysis is shown in Table 2. The interval of the onset of flowering was of 70 to 96 days (data not shown) from transplanting, and the interval of fructification was of 78 to 109 days (data not shown). Gil-Muñoz *et al.* (2004) used the days to flowering to define levels of precocity; however, in case of crops with prolonged periods of fructification, fructification has to be considered to define the levels of precocity, since it is the most important characteristic in crops yield such as pepper crops. Three levels of precocity were determined: precocious (27 %), intermediate (61 %) and late varieties (6%). The differences in the strata precocity was of 11 days. Most of the varieties belong to intermediate precocity, result supported by the yield correlation analyses with the flowering that was of -0.553** and with the fructification -0.572**, which indicates that with more delay in the onset of both stages the yield decreases, because fruit growth period is shortened, it also can be interrupted by low temperatures and the presence of frosts in highlands, adverse factors that affect, with more intensity, the period of fructification of late varieties, because these periods are shorter. The importance of the precocity is shown in the present study, because the poblano pepper varieties with greater yield were the most pre-

CUADRO 2. Valores de variables vegetativas y reproductivas de chile poblano a través de localidades del 50 % superior y los testigos.
TABLE 2. Values of the vegetative and reproductive variables of poblano pepper of 50 % higher and control treatments.

Var	ALP (cm)	ANP (cm)	DER	DFL (días)	DFR (días)	Var	ALP (cm)	ANP (cm)	DER	DFL	DFR
24	56.8 ^a _z	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	92.2 ^b
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	92.2 ^b
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	98.3 ^b
11	47.3 ^d	37.2 ^c	6.1 ^b	81.0 ^a	91.0 ^a	46	43.7 ^g	35.5 ^g	6.2 ^a	83.2 ^b	93.4 ^b
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	88.0 ^a
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	90.8 ^b
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	91.4 ^b
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	92.6 ^b
25	45.0 ^f	33.1 ^m	6.3 ^a	79.8 ^a	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	75.6 ^a	89.4 ^a	36	49.8 ^b	38.5 ^b	6.6 ^a	85.0 ^b	95.2 ^b
20	47.4 ^d	36.3 ^e	5.9 ^d	82.8 ^a	97.2 ^b	49	38.1 ^m	24.1 ^o	6.1 ^b	82.8 ^a	95.0 ^b
06	55.3 ^a	39.4 ^a	5.7 ^f	82.8 ^a	89.8 ^a	48	48.7 ^c	39.8 ^a	6.4 ^a	93.2 ^b	101.6 ^b
44	46.3 ^e	36.4 ^e	6.0 ^c	72.2 ^a	86.8 ^a	DMS	6.1	5.0	0.6	12.8	13.0

^a: Medias con letras iguales en la misma columna son iguales de acuerdo a la DMS, 5 %. Las letras no son continuas debido a que no están todas las variedades. Var: Variedad; ALP: Altura de planta; ANP: Ancho de la planta; DER: Densidad de ramificación; DFL: Días a floración; DFR: Días a fructificación.

^z: Means with the same letters in the same column are similar according to the LDS, 5 %. Letters are not constant because not all variables are present. Var: Variety; ALP: Plant height; ANP: Plant width; DER: Branching density; DFL: Days to flowering; DFR: Days to fructification.

estas características, ya que, por ejemplo, la altura de planta es una característica cuantitativa relacionada con el rendimiento (Sathyanarayanaiah *et al.*, 1991), constatado además por 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.

Caracteres reproductivos

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 días (dato no mostrado) a partir del trasplante, y el de fructificación de 78 a 109 días (dato no mostrado). Gil-Muñoz *et al.* (2004) utilizaron los días a floración para definir niveles de precocidad; sin embargo, en el caso de cultivos con períodos prolongados de fructificación, esta 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. Con base en lo anterior, definimos tres niveles de precocidad: variedades precoces (27 %), intermedias (61 %) y tardías (6 %). Las diferencias en los estratos de precocidad fueron de 11 días. La mayoría de las variedades son de precocidad intermedia, resultado apoyado por los análisis de correlación del rendimiento con la floración que fue de -0.553^{**} y de -0.572^{**} con la 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 de 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. La importancia de la precocidad se demuestra en este estudio, ya que las variedades de chile poblano de mayor rendimiento fueron las más precoces. En un estudio realizado por Santiago *et al.* (1998) en *Lycopersicum 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 los caracteres reproductivos, 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.

cocious. In a study conducted by Santiago *et al.* (1998) on *Lycopersicum esculentum* Mill, it was observed that yield was also associated to the precocity, where the onset of flowering was at 70 days and the onset of fructification was at 79 days. The importance of the precocity in yield in the case of pimiento or cherry pepper (*Capsicum annuum* L.) (De Grazia, 2006), serrano pepper (*Capsicum annuum* L.) (Sathyanarayanaiah *et al.*, 1991) and maize (Bolaños and Edmeades) has been also registered.

The variability observed in reproductive characters, according to Franco and Hidalgo (2003), is based on multiple factors that have influenced the evolution populations, such as the process of domestication, where man has used his own processes of selection, allowing the preservation of many varieties in order to increment the production, to make the agronomic management more easy or to confront adverse factors.

Yield components

Means of yields and their components are shown in Table 3. Yield had great variability, because it oscillated from 1.6 to 9.6 t·ha⁻¹. The upper group was composed of 21 varieties, and the yield of the best 10 varieties was 7.4 to 9.6 t·ha⁻¹. The varieties with the lowest yields were the hybrid Doroteo and the miahuatecan variety. The total number of fruits per plant oscillated from 2.2 (data not shown) to 7.2, which maximum value corresponded to one of the two varieties of loco pepper; the values in the best 10 varieties oscillated from 3.4 to 5.9. Hybrid Doroteo showed 4.2 fruits per plant and the miahuatecan variety showed 3.0 fruits per plant. Fruit weight showed greater variability, because the data oscillated from 4.69 to 24.8 g. Seven of the best 10 varieties had a fruit weight that exceed 18 g, the hybrid weight was intermediate and the miahuatecan variety had the lowest weight.

It is important to emphasize that the 10 best yields belonged to the native varieties of Poblano pepper, the lowest yields corresponded to the miahuatecan and Doroteo (introduced native variety) varieties. In studies like those conducted by Gil *et al.* (1995), Muñoz (2003) and Ramirez *et al.* (2003) the superiority that native varieties have over the varieties introduced has been observed when the evaluation is carried out in an ecological niche or microregion, where native varieties are cultivated, which are different to the prevailing varieties in experimental fields where commercial hybrids are formed and developed. According with the results, the present study introduces the horticultural crops of native populations to the theory of ecological niches, which only had been consider for annual crops like maize and beans, principally.

Regarding the above mentioned, the highest average yield obtained by the native varieties, with respect to the hybrid, was mainly associated to greater precocity in flowering ($r = -0.553^{**}$) and fructification ($r = -0.572^{**}$), to a greater amount of fruits per plant ($r = -0.633^{**}$) and to a greater fruit

Componentes de rendimiento

Las medias del rendimiento y sus componentes a través de localidades se muestran en el Cuadro 3. El rendimiento tuvo gran variabilidad, ya que fluctuó 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 y el miahuateco. El número total de frutos por planta varió desde 2.2 (dato no mostrado) hasta 7.2, cuyo valor máximo correspondió a una de las dos variedades 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 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 estudios como los de Gil *et al.* (1995), Muñoz (2003) y Ramírez *et al.* (2003) se ha demostrado la superioridad que presentan las variedades nativas sobre las introducidas, cuando la evaluación se realiza en el nicho ecológico o microrregión 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 introduce a los cultivos hortícolas de poblaciones nativas a la teoría de los nichos ecológicos en la que sólo se habían considerado cultivos anuales como el maíz y frijol, principalmente.

Con respecto a lo anterior, el mayor rendimiento promedio obtenido por las variedades nativas, con 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).

Variedades sobresalientes y estables

Las 10 variedades con mayor rendimiento promedio se presentan en la Figura 1. La estabilidad en el rendimiento de plantas ha sido ampliamente aceptada y aplicada (Eberhart y Rusell, 1966; Lin *et al.*, 1986) a cultivos como el maíz (Francis y Kannenberg, 1978), y la papa (*Solanum tuberosum*) (Tai, 1971), entre otros. En estos estudios se analizó gran número de macroambientes para encontrar los 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 microrregional, graficando los rendimientos obtenidos en las localidades. Los

weight ($r = -0.355^{**}$), and even when there was no significance in the correlation, to a greater height ($r = 0.089$ NS) and plant width ($r = 0.001$ NS).

Prominent and stable varieties

The 10 varieties with the greatest average yield are shown in Figure 1. The stability in plant yield has been accepted and applied (Eberhart and Rusell, 1966; Lin *et al.*, 1986) to crops such as maize (Francis and Kannenberg, 1978), and potato (*Solanum tuberosum*) (Tai, 1971), among others. In these studies many macro-environments were analyzed to find the genotypes with greater stability among environments for recommendations on a large scale; however, in the microregion or ecological niche theory, the stability is sought at a micro-regional level, graphing the yields obtained in the sites. The more stables will be those with similar yields between sites of the microregion. Varieties 7, 8 and 11 showed greater stability in both sites with yield of 7.5 to 8 t·ha⁻¹. Variety 27 had a greater yield (9.6 t·ha⁻¹), and showed an acceptable stability by changing its yield of 10.4 to 8.49 t·ha⁻¹. Varieties 24 and 30 were the most unstable. Hybrid Doroteo showed good stability; however, it showed a low yield.

The fact that native varieties have higher yield than the commercial hybrid, and more acceptable stability, indicates that there is a potential in native varieties to contribute to a solution for the problematic of low production of poblano pepper in Sierra Nevada, Puebla, by means of the use of breeding methods in prominent varieties.

CONCLUSIONS

In vegetative characters, plant width showed a greater variation than plant height, and the branching density was less variable. Three levels of precocity were defined: precocious, intermediate and late varieties, intermediate varieties were the most predominant; the most precocious were those that had greater yield. There are native varieties with fruit yields that are higher than the commercial hybrid, and that also showed good stability. Great morphological variability in native varieties of poblano pepper from Sierra Nevada in the state of Puebla was observed. This variability is represented in its vegetative and reproductive characteristics and yield components.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by grants from the Fundación Produce Puebla and the Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos. Acknowledge to Toniel Aguilar, Fermín Alonso, Víctor Hugo and Ricardo López Ortega, for their collaboration in data collection. Finally, to the agricultural farmers of the Asociación de Chileros de Cháhuac and to

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, no obstante, 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.

CONCLUSIONES

En los caracteres vegetativos, el ancho de planta presentó mayor variación que la altura, y la densidad de ramificación fue menos variable. Se definieron tres niveles de precocidad: variedades precoces, intermedias y tardías, donde prevalecieron las intermedias; las variedades más precoces fueron las que tuvieron mayor rendimiento. Existen variedades nativas con rendimientos de fruto muy superiores al híbrido comercial y que además mostraron buena estabilidad a través de localidades. Se encontró gran variabilidad morfológica en las variedades nativas de chile poblano de la Sierra Nevada del estado de Puebla, representada en sus características vegetativas, reproductivas y los componentes de rendimiento.

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 Hugo y Ricardo López Ortega, por su apoyo en las 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 esta investigación.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA R., G. F.; CHÁVEZ S., N. 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.; EDMÉADES G., O. 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 Mr. Isaías Gutiérrez, from San Lorenzo Chiautzingo, for providing the fields for this experiment, and to each one of the pepper growers for providing the seeds for this study.
- End of English Version**
- 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.; TITTONELL P., A.; CHIESA, A. 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 PEUW, R. M.; FARIS, D. G.; WILLIAM, C. J. 1991. Genotype-environment interaction of yield in cereal crops in northwestern Canada. *Canadian Journal of Plant Science*. 61: 255-263.
- DJIAN-CAPORALINO, C.; LEFEBVRE, V.; SAGE-DAUBE`ZE, A. M.; PALLOIX, A. 2006. *Capsicum*. pp 185-243. In: Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement. Volume 3: Vegetable CROPS. SINGH, R. J. (ed.). CRC Pres. N. Y. USA.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6: 36-40.
- FRANCIS, T. R.; KANNENBERG, L. W. 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.; HIDALGO, R. 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.; MUÑOZ, O.; CARBALLO C., A.; TRINIDAD S., A. 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.; LÓPEZ, P. A.; MUÑOZ O., A.; LÓPEZ S., H. 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. 18-25 p.
- HERNÁNDEZ-VERDUGO, S.; DÁVILA A., P.; OYAMA, K. 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, Geo-

- grafía e Informática. Aguascalientes, México. 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 Fito-genéticos, 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.
- KRISHNAMURTHY, L.; SAHAGÚN, C. J. 1991. Recursos Fito-genéticos: su Conservación para un Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 106 p.
- LATOURNERIE M., L.; CHÁVEZ S., J. L.; PÉREZ P., M.; CASTAÑÓN N., G.; RODRÍGUEZ H., S. A.; ARIAS R., L. M.; RAMÍREZ V., P. 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.; BINNS, M. R.; LEFKOVITCH, L. P. 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.; LOBO, M.; GÓMEZ, F. A. 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 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.; MONTES, S.; RENDÓN, E. 1991. Chile (*Capsicum* spp.). pp 217-238. In: Ortega PR, Palomino HG, Castillo GF, González HVA y Livera MM (eds). Avances en el Estudio de los Recursos Genéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Méx.
- RAMÍREZ, A. M.; SALINAS M., Y.; TABOADA G., O. R. 2003. Maíz azul de los Valles Altos de México. I. Rendimiento de grano y caracteres agronómicos. Revista Fitotecnia Mexicana 26: 101-107.
- REA, R.; DE SOUSA-VIEIRA, O. 2001. Interacción genotipo x ambiente y análisis de estabilidad en ensayos regionales de caña de azúcar en Venezuela. Caña de Azúcar 19: 3-15.
- RODRÍGUEZ, J.; PEÑA O., B. V.; GIL M., A.; MARTÍNEZ C., B.; MANZO, F.; SALAZAR L., 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.; MENDOZA, M.; BORREGO, F. 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.
- SATHYANARAYANAIH, K., M. RAMÍREZ M.; POZO C. O. 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. pp 313-328. In: Morales RM, ØLLGAARD B, KVIST LP, BORCHSENIUS F Y BALSLEV H (eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.