

Caracterización morfológica de híbridos de chile manzano*

Morphological characterization of manzano pepper hybrids

Brenda Ayala Arias¹, Jaime Mejía Carranza^{1§}, Imelda Martínez Estrada¹, Martín Rubí Arriaga² y Luis M. Vázquez García¹

¹Centro Universitario Tenancingo-Universidad Autónoma del Estado de México. Carretera Santa Ana-Villa Guerrero, km 1.5. Tenancingo, Estado de México. CP. 52400. (ayala_brenba@hotmail.com; pa-che-ca@hotmail.com; lm vazquezg@uaemex.mx). ²Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, San Cayetano Morelos, Toluca, Estado de México. CP. 50000. (m_rubi65@yahoo.com.mx). [§]Autor para correspondencia: jmejia@uaemex.mx.

Resumen

El chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) cultivado en el centro de México presenta variabilidad genética aprovechable en programas de mejoramiento genético. El objetivo de la investigación fue evaluar dos métodos de hibridación y caracterizar morfológicamente los descendientes F₁ de las cruas entre morfotipos de chile manzano. El experimento se desarrolló de 2012 a 2013 en invernadero con los progenitores identificados como flor blanca (FB), Flor morada-entrenado largo (FML) y flor morada-entrenado corto (FMC). Se hibridaron por los métodos “sin corola” y “con corola” y la F₁ se evaluó a prendimiento de fruto y caracterización morfológica. Los resultados indicaron que la protección de la flor hibridada afectó el prendimiento de fruto en más del 50%. No hubo diferencias significativas entre cruas directas ni recíprocas ($t; p=0.42$), lo que sugiere ausencia de efectos maternos. La posición del estilo tanto en progenitores como en los híbridos fue heteromórfica, con 70-90% al nivel de las anteras. Los variantes de los caracteres color del tallo, color de la corola, color del filamento y color del estilo se encontraron en el progenitor FB y fueron recesivos a los correspondientes de FML y FMC. El porte bajo de la planta

Abstract

The manzano pepper (*Capsicum pubescens* R and P) cultivated in central México shows genetic variability that can be used in breeding programs. The purpose of this research was to evaluate two hybridization methods and to morphologically characterize F₁ descendants of crosses between Manzano pepper morphotypes. The experiment was carried out from 2012 to 2013 in greenhouse with the parents identified as white flower (FB), purple flower-long internode (FML) and purple flower-short internode (FMC). They were hybridized by the “with corolla” and “without corolla” methods and the F₁ was evaluated for fruit picking and morphological characterization. The results indicated that the protection of the hybridized flower affected fruit picking by more than 50%. There were no significant differences between direct or reciprocal crosses ($t; p=0.42$), suggesting no maternal effects. The position of the style in both progenitors and hybrids was heteromorphic, with 70-90% at the anther level. The variants of the characters stem color, corolla color, filament color and style color were found in the FB progenitor and were recessive to the corresponding FML and FMC. The low plant size and smaller leaves present in the FB and FMC progenitors were dominant in

* Recibido: febrero de 2017
Aceptado: mayo de 2017

y hojas de menor tamaño presentes en los progenitores FB y FMC fueron dominantes en los híbridos y afectaron negativa y significativamente en el rendimiento de frutos y heterosis. Los resultados sugieren estrategias de mejoramiento genético adicionales en híbridos como selección de segregantes y retrocruzas que mejorar el tamaño del fruto.

Palabras claves: *Capsicum pubescens*, hibridización, morpotipos, variación genética.

Introducción

El chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) con el potencial de ser una alternativa viable para el desarrollo económico de regiones como la del sur del estado de México, no ha alcanzado la importancia de cultivos como los florícolas por factores como la ausencia de un manejo tecnológico adecuado de su cultivo y frutos de calidad heterogénea; este último afectado principalmente por la variabilidad genética existente de los materiales autóctonos cultivados, los cuales contrariamente a la desventaja comercial, representan un amplio reservorio genético que puede ser aprovechado para la selección de diferentes atributos cualitativos y cuantitativos de importancia agronómica en esta especie (Pickersgill, 1997).

Del género *Capsicum* se reporta una vasta diversidad entre sus especies, así como variabilidad dentro de éstas para caracteres de follaje y del fruto (Bosland y Vostava, 2000), la cual no necesariamente está relacionada con los centros de origen (Harlan, 1975). Por lo tanto la observación y registro de la variabilidad crean las bases para la selección de materiales y técnicas de mejoramiento genético, como la hibridación, que permitan su aprovechamiento (Sahagun, 1999). La hibridación en sentido amplio precisa a la descendencia de la cruce de individuos de poblaciones distinguibles entre sí en uno o más caracteres heredables (Harrison, 1990) y constituye una herramienta adecuada para el análisis de la segregación de caracteres e incluye efectos como el incremento de variación genética intraespecífica, origen y transferencia de variaciones genéticas, el origen de nuevos ecotipos o especies y el reforzamiento o rompimiento de barreras reproductivas.

La amplia diversidad de micro climas en México favorece la existencia de variación dentro de especies como en la zona sur del Estado de México, donde se cultivan diferentes morpotipos de *C. pubescens*, los cuales representan un

the hybrids and negatively and significantly affected fruit yield and heterosis. The results suggest additional strategies for genetic improvement in hybrids such as selection of segregants and backcrosses that would improve fruit size.

Keywords: *Capsicum pubescens*, hybridization, genetic variation, morphotypes.

Introduction

The Manzano pepper (*Capsicum pubescens* R and P) with the potential to be a viable alternative for the economic development of regions like the south of México state, has not reached the importance of crops like the floricultural ones by factors like the absence of an adequate technological management of its crop and fruits of heterogeneous quality; the latter being mainly affected by the existing genetic variability of native cultivated materials, which, contrary to the commercial disadvantage, represent a large genetic reservoir that can be used to select different qualitative and quantitative attributes of agronomic importance in this species (Pickersgill, 1997).

In the genus *Capsicum* there is a wide diversity among species, as well as variability within them for foliage and fruit characters (Bosland and Vostava, 2000), which is not necessarily related to the origin centers (Harlan, 1975). Therefore, the observation and variability recording create the basis for the selection of materials and techniques for genetic improvement, such as hybridization, that allow its exploitation (Sahagun, 1999). Broadly, hybridization accurately specifies the crosses of individuals from populations distinguishable from each other in one or more heritable characters (Harrison, 1990) and is a suitable tool for the analysis of character segregation and includes effects such as intraspecific genetic variation, origin and transfer of genetic variations, the origin of new ecotypes or species and the reinforcement or rupture of reproductive barriers.

The wide diversity of micro climates in México favors the existence of variation within species such as in southern Mexico state, where different *C. pubescens* morphotypes are cultivated, which represent a valuable reservoir of germplasm that could be useful in the improvement of this species. The aim of this research was to develop hybrids of direct and reciprocal crosses of three manzano pepper

valioso reservorio de germoplasma que pudiera ser de utilidad en el mejoramiento de esta especie. El objetivo de la presente investigación fue desarrollar híbridos de cruza directa y recíprocas de tres morfotipos de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) contrastantes en diferentes caracteres y evaluarlos para diferentes atributos cualitativos y cuantitativos.

Materiales y metodos

El experimento se estableció de 2012 a 2013 en invernaderos del Centro Universitario UAEM Tenancingo localizado a 18° 58' 2" latitud norte y 99° 36' 44" longitud oeste y a una altitud de 2064 m, en Tenancingo, Estado de México. El material biológico fueron tres colectas de la región sur del Estado de México contrastantes a diferentes caracteres morfológicos y que se identificaron como flor blanca entrenudos cortos (FB); flor morada entrenudos largos (FML) y flor morada entrenudos cortos (FMC).

Semillas extraídas de frutos en madurez fisiológica de cada morfotipo se sembraron en sustrato cernido a base de hojas de encino en germinadores de poliestireno de 200 cavidades. El sustrato se ajustó a pH de 5.5 con cal agrícola a razón de 600 g m⁻³. Como fertilización de fondo se utilizó superfosfato de calcio simple (19.5%) a razón de 1 kg m⁻³. Las charolas se colocaron en invernadero y bajo malla sombra de 50% con humedad relativa entre el 60% y 90%. El trasplante inicial a vasos de poliestireno de 250 ml se realizó cuando las plantas mostraron 10 hojas verdaderas (40 días después de siembra).

El trasplante definitivo se hizo en bolsas de plástico calibre 600 de 60 L de capacidad cuando las plantas presentaron la primera bifurcación (80 días después de siembra). La densidad de plantación fue de 1.5 plantas m⁻². En ambos trasplantes el sustrato fue una mezcla de tierra arenosa, tepojal y materia orgánica, en una relación de 5:4:1 respectivamente. El pH se ajustó a 5.5 con cal agrícola a razón de 3 kg m⁻³. Se dio una fertilización de fondo con superfosfato de calcio simple (19.5%) a razón de 2 kg m⁻³ de sustrato. Las fertilizaciones periódicas se hicieron por el riego de acuerdo a la fórmula universal de Steiner (1984): 25% en plántula; 50% en etapa vegetativa y 100% en etapa reproductiva.

morphotypes (*Capsicum pubescens* R and P) contrasting in different characters and to evaluate them for different qualitative and quantitative attributes.

Materials and methods

The experiment was carried out from 2012 to 2013 in greenhouses of the UAEM Tenancingo University Center located at 18° 58' 2" north latitude and 99° 36' 44" west longitude and at an altitude of 2 064 m, in Tenancingo, Mexico state. The biological material consisted of three collections from the southern region of México state contrasting with different morphological characters and identified as white flower short internodes (FB); purple flower long internodes (FML) and purple flower short internodes (FMC).

Seeds extracted from fruits at physiological maturity of each morphotype were planted in a sieved substrate based on oak leaves in 200-well polystyrene germinators. The substrate was adjusted to pH 5.5 with agricultural lime at the rate of 600 g m⁻³. As background fertilization, simple calcium superphosphate (19.5%) was used at the rate of 1 kg m⁻³. The trays were placed in greenhouse and under shade mesh of 50% with relative humidity between 60% and 90%. Initial transplantation to 250 ml polystyrene cups was performed when plants showed 10 true leaves (40 days after sowing).

The final transplant was done in 600-gauge plastic bags of 60 L capacity when the plants showed the first bifurcation (80 days after sowing). Planting density was 1.5 plants m⁻². In both transplants the substrate was a mixture of sandy soil, tepojal and organic matter, in a ratio of 5: 4: 1 respectively. The pH was adjusted to 5.5 with agricultural lime at the rate of 3 kg m⁻³. Background fertilization with simple calcium superphosphate (19.5%) was added at 2 kg m⁻³ of substrate. The periodic fertilizations were done by irrigation according to the universal formula of Steiner (1984): 25% in seedling; 50% in the vegetative stage and 100% in the reproductive stage.

Three plants were randomly chosen as parents by morphotype and when flowering started the direct crosses were made according to p(p-1)/2 combinations and their reciprocals, as well as self-fertilization in the controls. Two

Se eligieron como progenitores tres plantas al azar por morfotipo y cuando la floración inició se hicieron las cruza directas resultantes de acuerdo a $p(p-1)/2$ combinaciones y sus recíprocos, así como también autofecundaciones en los testigos. Se evaluaron dos métodos de hibridación por el manejo del progenitor femenino. El primero consistió en la remoción completa de la corola en la emasculación, mientras que en el segundo, solo se removieron dos pétalos de la flor. En todos los casos de hibridación, la emasculación se hizo en flores con anteras inmaduras previo a la antesis, lo cual ocurrió cuando los botones florales previos a su apertura exhibieron en su parte superior la coloración de los pétalos, etapa fenológica en la que el estilo y estigma están a la altura de las anteras y es indicador de receptibilidad; mientras que los progenitores masculinos fueron de flores del día que presentaron antesis con abundante polen de color cremoso e hidratado.

La polinización fue mediante desprendimiento de antera del progenitor masculino y fricción de ésta en el estigma del progenitor femenino. Las flores polinizadas manualmente y las autofecundadas fueron etiquetadas y aisladas con bolsas de organza por 72 h para evitar contaminación con polen no deseado (Sánchez *et al.*, 2010). Se hicieron en total 60 cruza directas y 60 recíprocas con igual número para cada combinación. El éxito de la fecundación se consideró con el desarrollo del ovario a los 10 días de la polinización, aunque el éxito de la crusa se consideró con el amarre del fruto y desarrollo a madurez fisiológica.

El contraste de progenitores e híbridos se hizo de acuerdo a 20 descriptores morfológicos cualitativos y cuantitativos de la guía de descriptores para Capsicum del IPGRI (1995) medidos a partir de cuando 50% de las plantas presentaron por lo menos una flor abierta. Para planta se midieron forma y color del tallo, altura de la planta y largo y ancho de la hoja, para flor se midieron color de la corola, color y posición del estilo, diámetro de la corola, número y longitud de pétalos y longitud de la antera; mientras que para fruto se midieron longitud de pedúnculo, color del fruto, largo y ancho de fruto, grosor del pericarpio, número de lóculos y número de semillas por fruto. Los caracteres de flor se midieron en flores completamente abiertas después de la antesis, mientras que la evaluación de fruto fue en madurez fisiológica. Los datos de las variables evaluadas se analizaron mediante estadística descriptiva e inferencial con el programa Info Stat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

En los caracteres cualitativos se efectuó un análisis de frecuencias de acuerdo a las escalas descritas en la guía. Para obtener las significancias estadísticas de los caracteres

hybridization methods were evaluated for the management of the female parent. The first consisted of the complete removal of the corolla in the emasculation, while in the second, only two petals of the flower were removed. In all hybridization cases, the emasculation was performed in flowers with immature anthers prior to anthesis, which happened when the flower buds prior to its opening exhibited in the upper part the coloring of the petals, a phenological stage in which style and stigma are at the anthers level and is an indicator of receptivity; whereas male parents were of flowers of the day that displayed anthesis with abundant pollen of creamy and hydrated color.

Pollinization was by anther detachment from the male parent and its friction in the stigma of the female parent. Hand-pollinated and self-fertilized flowers were labeled and isolated with organza bags for 72 h to avoid contamination with unwanted pollen (Sánchez *et al.*, 2010). A total of 60 direct crosses and 60 reciprocals were made with equal numbers for each combination. The success of fertilization was considered with the development of the ovary within 10 days of pollination, although the cross success was considered with the fruit mooring and physiological maturity development.

The contrast of progenitors and hybrids was made according to 20 qualitative and quantitative morphological descriptors of the Capsicum descriptor guide of IPGRI (1995) measured from when 50% of the plants had at least one open flower. For each plant, stem shape and color, plant height and length and width of leaf were measured. For each flower, corolla color, color and position of the style, corolla diameter, number and length of petals and anther length; while for fruits, length of peduncle, fruit color, fruit length and width, pericarp thickness, number of locules and number of seeds per fruit were measured. Flower characters were measured in fully open flowers after anthesis, while fruit evaluation was at physiological maturity. The data of the evaluated variables were analyzed by descriptive and inferential statistics with the Info Stat program (Di Rienzo *et al.*, 2011).

For the qualitative characteristics a frequency analysis was carried out according to the scales described in the guide. In order to obtain the statistical significance of the quantitative traits, a variance analysis was performed for each variable and where there were differences the Duncan mean comparison test ($p \leq 0.05$) was used. In order to estimate the linear association degree between evaluated variables, the Pearson correlation coefficients

cuantitativos se realizó un análisis de varianza para cada variable y donde hubo diferencias se utilizó la prueba de comparación de medias Duncan ($p \leq 0.05$). Para estimar el grado de asociación lineal entre las variables evaluadas se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson con su probabilidad asociada. Las estimaciones de heterosis (H) se realizaron con base en la fórmula $H = ((F_1 - MP)/MP) * 100$, donde: F_1 fue el valor promedio de la cruce y MP fue el valor del mejor progenitor (Reyes, 1985).

Resultados y discusión

Las flores hibridadas y las testigo autopolinizadas con protección de bolsas de organza presentaron en promedio 25% de prendimiento de frutos a los 10 días después de la polinización (Figura 1), porcentaje bajo si se compara con el prendimiento observado en el testigo absoluto, que se dejó a polinización libre y sin protección que presentó 90% de amarre (Figura 1). La hibridación en flores en botón a punto de apertura a las que se les desprendieron solo dos pétalos laterales presentó más del doble de prendimiento que aquellas a las que les fue removida la corola completa. Este último método fue el menos conveniente con solo 12% de amarre; sin embargo, para ambos métodos de hibridación, el amarre de fruto fue por debajo de 25%.

En el método de hibridación en el que se retiró completamente la corola, probablemente las estructuras florales colapsaron al quedar más expuestas a factores ambientales adversos. Otro factor pudo ser el daño mecánico al pistilo durante la manipulación por la emasculación y la polinización. Sin embargo, al atender a los testigos autopolinizados con protección, éstos en promedio se vieron afectados a prendimiento de fruto en más de 50%, con respecto al testigo absoluto de polinización libre y sin protección, lo que sugiere que la cubierta utilizada para aislamiento de flores es el principal factor que afecta el prendimiento de los frutos. Resultados similares sobre hibridación con prendimiento de fruto con éxito hasta producción de semilla de entre 40 y 50% son los reportados en algodón por Santhy *et al.* (2008).

Las flores seleccionadas como progenitores femeninos y candidatas a emasculación fueron con botón cerrado próximo a abrir, debido a que en la mayoría de los casos en flor abierta (90%), las anteras aun sin dehiscencia completa ya habían liberado polen, dándoles un carácter de cleistogamia. Sin embargo, George (1999) señala que

and their associated probability were calculated. Estimates of heterosis (H) were made based on the formula $H = ((F_1 - MP)/MP) * 100$, where: F_1 was the average value of the cross and MP was the value of the best progenitor (Reyes, 1985).

Results and discussion

Hybridized flowers and self-pollinated controls with protection of organza bags showed on average 25% of fruit engraftment 10 days after pollination (Figure 1), a low percentage when compared to the stall observed in the absolute control, which was left to free and unprotected pollination which presented 90% mooring (Figure 1). Hybridization in buds at the opening stage to which only two lateral petals were detached showed more than twice as many engraftment than those who had whole corolla removed. The latter method was the least convenient with only 12% mooring; however, for both hybridization methods, the fruit mooring was below 25%.

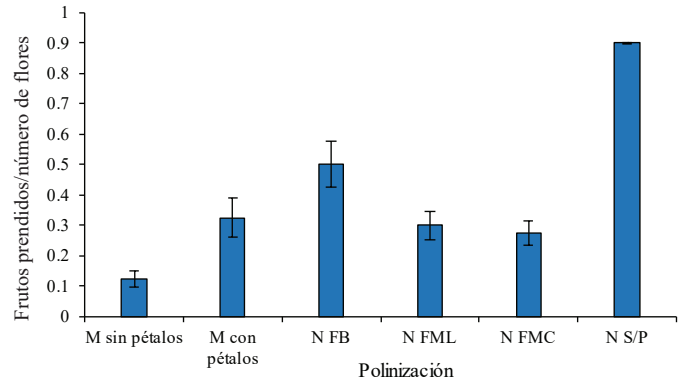


Figura 1. Proporción de frutos prendidos por número de flores con dos métodos de hibridación manual y polinización libre. Las barras son el error estándar.

Figure 1. Proportion of engraftment fruits by number of flowers with two methods of manual hybridization and free pollination. Bars are standard error.

In the hybridization method in which the corolla was completely removed, floral structures probably collapsed as they were more exposed to adverse environmental factors. Another factor could be the mechanical damage to the pistil during manipulation for emasculación and pollination. However, when caring for self-pollinated controls with protection, they were on average affected

particularmente el género *Capsicum* aun cuando muchas de sus especies se autopolinizan, es difícil considerarlo como tal debido a diferencias observadas entre sus especies o incluso dentro de ellas, muchas veces influidas por el ambiente.

De los híbridos con fruto prendido a 10 días de la polinización, su número para desarrollo a fruto fisiológicamente maduro disminuyó por abortos en el proceso, con un promedio de 5% de frutos obtenidos del total de las cruzas directas y recíprocas hechas (Cuadro 1). No hubo diferencias significativas entre cruzas directas ni recíprocas de acuerdo a prueba de t ($p=0.42$), lo que sugiere ausencia de efectos maternos por la dirección de las cruzas. Las cruzas correspondientes a FML*FMC en cualquier dirección no funcionaron con desprendimiento de ovario a 10 días después de la hibridación. Contrariamente, Rêgo *et al.* (2009), reportan diferencias significativas en los efectos recíprocos en 56 híbridos directos y recíprocos obtenidos con ocho progenitores de *C. baccatum*, lo que sugiere efectos maternos en cruzas de esta especie; incluso, los mismos autores mencionan la existencia de efectos citoplásmicos en diferentes especies de este género.

Cuadro 1. Proporción de éxitos a obtención de fruto maduro en cruzas directas y recíprocas entre tres genotipos progenitores de *C. pubescens*.

Table 1. Proportion of success of mature fruit obtaining in direct and reciprocal crosses between three progenitor genotypes of *C. pubescens*.

Cruza	Cruzadas exitosas (%)	
	Directa	Recíproca
FML*FB	2.8	8.6
FMC*FB	13.5	5.5
FML*FMC	0	0
Promedio	5.4	4.7

De seis caracteres cualitativos, cuatro de ellos fueron contrastantes, en color del tallo, corola, filamento y estilo, se encontraron en el progenitor FB y fueron recesivos a los de FML y FMC en los híbridos resultantes directos y recíprocos de FML*FB y FMC*FB (Cuadro 3). Sin embargo, el color del fruto fue contrastante para los tres progenitores y los híbridos mostraron valores intermedios a sus progenitores, que sugiere codominancia en la relación alélica de este carácter (Cuadro 2). La posición del estilo, tanto en los progenitores como en los híbridos resultaron heteromórficos, con valores, dependiendo del progenitor, de 70 a 90% para la posición “al mismo nivel” de las anteras y de 10 a 30% para la posición excerta.

by more than 50% of fruit engraftment compared to the total free-pollination control, suggesting that the cover used for flowers insulation is the main factor affecting the fruits engraftment. Similar results on hybridization with successful fruit engraftment until seed production of between 40 and 50% are reported in cotton by Santhy *et al.* (2008).

The flowers selected as female progenitors and candidates for emasculation had closed buds close to open, because in most cases in open flowers (90%), the anthers even without complete dehiscence had already released pollen, giving them a cleistogamy character. However, George (1999) points out that particularly in the *Capsicum* genus, although when many of its species are self-pollinate, it is difficult to consider as such due to differences observed among or even within its species, often influenced by the environment.

Of the hybrids with engraftment fruit at 10 days of pollination, its number for development to physiologically mature fruit decreased due to abortions in the process, with an average of 5% of fruits obtained from the total of the direct and reciprocal crosses (Table 1). There were no significant differences between direct or reciprocal crosses according to t -test ($p=0.42$), suggesting no maternal effects due to the direction of the crosses. Crosses corresponding to FML*FMC in either direction did not work with ovary shedding 10 days after hybridization. In contrast, Rêgo *et al.* (2009), report significant differences in reciprocal effects on 56 direct and reciprocal hybrids obtained from eight progenitors of *C. baccatum*, suggesting maternal effects on crosses of this species; even, the same authors mention the existence of cytoplasmic effects in different species of this genus.

From six qualitative characters measured, four of them contrasting, in stem color, corolla color, filament and style color, were found in the FB parent and were recessive to the corresponding FML and FMC in the direct resulting hybrids and reciprocal FML*FB and FMC*FB (Table 3). However, the color of the fruit was contrasting for the three progenitors and hybrids showed intermediate values to those of their progenitors, suggesting codominance in the allelic relationship of this character (Table 2). The position of the style in both the parents and the hybrids were heteromorphic, with values, depending on the progenitor, from 70 to 90% for the position “at the same level” of the anthers and from 10 to 30% for the excert position.

Cuadro 2. Caracteres cualitativos en progenitores e híbridos F₁ directos y recíprocos de tres colectas contrastantes de chile manzano cultivadas en el sur del estado de México.

Table 2. Qualitative characters in direct and reciprocal F₁ progenitors and hybrids of three contrasting collections of Manzano pepper grown in southern México state.

Genotipo	Planta		Flor	Estilo		Fruto
	CT	CC		CF	Posición	
Progenitores						
FB	V	Blanco	Blanco	AMN/Excerto	Blanco	AL
FMC	V/RP	Morado	Blanco	AMN/Excerto	Morado	AN
FML	V/RP	Morado	Morado	AMN/Excerto	Morado	N
Híbridos						
FML*FB	V/RP	Morado	Morado	AMN/Excerto	Morado	N
FB*FML	V/RP	Morado	Morado	AMN/Excerto	Morado	A
FB*FMC	V/RP	Morado	Morado	AMN/Excerto	Morado	A
FMC*FB	V/RP	Morado	Morado	AMN/Excerto	Morado	A

La colecta FMC presentó los mayores valores para la posición excerta, mientras que los menores fueron para FB. De acuerdo a Azurdia (1995); Berke (2000); Barrios *et al.* (2007) la posición del estigma al nivel de las anteras facilita la autopolinización, mientras que cuando el estigma es excerto aumenta el porcentaje de polinización cruzada. Tal es el caso de morfotipos de chiles criollos (*C. annuum*) colectados en Yucatán que presentan comúnmente el estigma excerto, lo cual ha favorecido la polinización cruzada y resulta frecuente la formación de nuevas variantes o híbridos (Latournerie, 2001). En *C. pubescens* el estigma en la mayoría de los casos al mismo nivel de las anteras posiblemente ha contribuido a la autofecundación, además de la característica de inicio de dehiscencia de las anteras antes de la apertura floral, características que han favorecido a los agricultores locales que propagan a esta especie por semilla, sin variaciones evidentes en los descendientes y por consiguiente el método de propagación ha contribuido a la conservación de sus diferentes genotipos. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que *C. pubescens* sea autógena, los mecanismos de polinización natural por autofecundación o cruzada presentan una continua variación en sus frecuencias relativas.

En variables cuantitativas de la planta, los híbridos se comportaron de manera similar a los progenitores FB y FMC, en las tres variables medidas de altura de la planta, largo y ancho de hoja. Incluso en altura de la planta, el híbrido FML*FB y su recíproco mostraron valores significativamente menores a FB, identificado como el progenitor de menor porte (Cuadro 3). El

The FMC collection showed the highest values for the excerpt position, while the lowest were for FB. According to different authors (Azurdia, 1995; Berke, 2000; Barrios *et al.*, 2007), the stigma position at the anthers level facilitates self-pollination, whereas when the stigma is excerpt the percentage of cross-pollination increases. Such is the case of creole pepper morphotypes (*C. annuum*) collected in Yucatan that commonly show an excerpt stigma, which has favored cross-pollination and therefore the formation of new variants or hybrids is frequent (Latournerie, 2001). In *C. pubescens* stigma in most cases at the same level of the anthers has possibly contributed to self-fertilization, in addition to the characteristic dehiscence of anthers before floral opening, those characteristics have favored local farmers that propagate this species by seed, without obvious variations in the offspring and therefore the propagation method has contributed to the conservation of its different genotypes. However, it should be noted that, regardless of whether *C. pubescens* is autogamous, the mechanisms of natural pollination by self-fertilization or crossbreeding show a continuous variation in its relative frequencies.

In quantitative plant variables, the hybrids behaved similarly to the FB and FMC progenitors, in the three measured variables of plant height, leaf length and leaf width. Even at plant height, the FML*FB hybrid and its reciprocal showed significantly lower values than FB, identified as the smallest progenitor (Table 3). The hybrids

largo de hoja de los híbridos en todos los casos fue del tipo del progenitor FB; mientras que para el ancho correspondieron al progenitor FMC, excepto para la cruce FB*FML, cuyo ancho correspondió al progenitor FB. Los resultados muestran que el carácter porte bajo, con hojas cortas y estrechas fueron dominantes en plantas con mayor altura como FML, la cual presenta mayor altura, largo y ancho de hoja. Estos resultados coinciden con lo reportado por Rêgo *et al.* (2009), quienes citan la presencia de genes no aditivos como responsables del tamaño del dosel de la planta en *C. baccatum*.

Aunque en general la arquitectura de la planta es la suma de un número variado de rutas fisiológicas y genéticas que dan origen a una apariencia única para cada especie (Sussex and Kerk, 2001), el sistema de ramificación simpoidal (no dominancia apical) del género *Capsicum* y desarrollo de flores axilares únicas está regulado por el gene Fasciculata, cuyo recesivo (fa) expresa un crecimiento determinado con flores múltiples en las axilas (Elitzur *et al.*, 2009). En la presente investigación los progenitores y descendientes también mostraron ramificación simpoidal con desarrollo de una o dos flores axilares, este último solo para el progenitor FB; y en referencia al porte de la planta este fue afectado por la longitud de entrenudos expresado en la altura de la planta y tamaño de la hoja (Cuadro 3).

leaf length in all cases was like the FB parent type; while for the width it corresponded to the FMC parent, except for the FB*FML cross, whose width corresponded to the FB parent. The results show that the low-carass character with short and narrow leaves were dominant over those of plants with higher height as FML, which shows significantly greater height and leaf length and width. These results coincide with that reported by Rêgo *et al.* (2009), who cite the presence of non-additive genes as responsible for the canopy size in the *C. baccatum* plant.

Although in general the plant architecture is the sum of a varied number of physiological and genetic pathways that give rise to a unique appearance for each species (Sussex and Kerk, 2001), the simpoidal branching system (non-apical dominance) of *Capsicum* genus and development of unique axillary flowers is regulated by the Fasciculata gene, whose recessive (fa) expresses a certain growth with multiple flowers in the axillae (Elitzur *et al.*, 2009). In this investigation the parents and descendants also showed sympoidal branching with development of one or two axillary flowers, this last only for the FB progenitor; and regarding to the plant size, this was affected by the internodes length expressed in plant height and leaf size (Table 3).

Cuadro 3. Medias de diferentes caracteres de planta, flor y fruto en progenitores e híbridos F₁ directos y recíprocos de tres colectas de *C. pubescens* cultivadas en el sur del estado de México.

Table 3. Mean of different plant, flower and fruit characters in F₁ progenitors and hybrids, direct and reciprocal from three *C. pubescens* collections grown in the southern México state.

Genotipo	Planta		Flor				Fruto							NS	NIL	Rto (kgp ⁻¹)
	Apl (cm)	Lhj (cm)	Ahj (cm)	Tfl (días)	Dcr (cm)	Lpt (cm)	Lft (mm)	Lpd (cm)	Lg (cm)	Ach (cm)	Ps (g)	Gpr (mm)				
Progenitor																
FB	136 b	14.6 c	7.68 b	150 a	2.59 a	1.63 a	5.9 a	3.3 b	3.5 b	3.6 c	25 c	3.8 b	74 b	2.1 b	15.3 b	
FMC	143 b	16.3 b	7.73 b	157 a	2.75 a	1.62 a	5.9 a	3.5 b	4.2 a	3.9 b	27.6 b	4.4 a	87 a	2 b	21.2 a	
FML	165 a	17.6 a	8.72 a	158 a	2.86 a	1.66 a	5.9 a	4.1 a	3.7 b	4.6 a	40.7 a	4.7 a	94 a	2.7 a	25.7 a	
Cruzas																
FML*FB	116 c	13.9 c	7.15 b	169 a	2.86 a	1.63 a	6.1 a	3.04 b	3.2 b	4.1 b	24 c	3.7 b	36 c	3.2 a	5.6 c	
FB*FML	111 c	13.2 c	6.52 c	97 b	2.61 a	1.55 a	5.9 a	2.55 c	3.2 b	4.1 b	23.8 c	3.8 b	25 c	2.5 b	5.8 c	
FB*FMC	132 b	13.6 c	7.15 b	159 a	2.75 a	1.65 a	6.1 a	3.5 b	3.5 b	4.5 a	29.4 b	3.4 b	39 c	2.6 b	14.2 b	
FMC*FB	125 b	13.4 c	6.89 b	164 a	2.72 a	1.56 a	6 a	2.9 b	3.5 b	4 b	26.2 c	3.2 b	24 c	2.5 b	15.3 b	
CV (%)	8.19	8.24	13.75	12.14	9.83	11.26	9.5	18.68	11.5	9.6	21.8	20.3	24.5	24.1	17.6	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Duncan, $p > 0.05$).

De los caracteres cuantitativos correspondientes a floración solo se encontraron diferencias significativas en tiempo a inicio de floración (Cuadro 3), en donde la cruce FB*FML,

From the quantitative traits corresponding to flowering only significant differences were found in time at the beginning of flowering (Table 3), where the FB*FML cross was one

fue un tercio de tiempo más precoz que FB, progenitor que se tiene descrito como de floración temprana. Esto representó una diferencia de 50 días, tiempo que desde el punto de vista comercial podría ser significativo. De acuerdo con Elitzur *et al.* (2009), este carácter es afectado pleiotropicamente también por el gene Fasciculata, lo que representa que haya amplia variación en las diferentes especies del genero *Capsicum* o incluso dentro de ellas como se observa en los variantes fenotípicos evaluados de *C. pubescens* (FB, FMC y FML).

De los siete caracteres evaluados en fruto, cinco (Lpd, Lg, Ps, Gpr y Nil) correspondientes al tipo del progenitor FB se expresaron en la mayoría de los híbridos evaluados (61%). Fueron excepción el carácter ancho de fruto (Ach) que en tres de los híbridos evaluados presentaron caracteres del progenitor FMC y solo la cruce FB*FMC presentó un valor equiparable a FML, progenitor con el mayor ancho fruto. En la variable número de semillas, no hubo diferencias significativas entre los híbridos, pero si con los tres progenitores, al presentar en promedio 58% menor número de semilla que el progenitor con el menor valor (FB). Solo los híbridos FB*FMC y su recíproco, mostraron rendimientos similares al progenitor de menor rendimiento que es FB, ya que la cruce FB*FML y su recíproco mostraron valores aun significativamente menores que el mismo progenitor FB.

De los cuatro híbridos obtenidos, directos y recíprocos, los correspondientes a FML*FB y su recíproco mostraron en cinco caracteres medidos valores significativamente menores al progenitor con los valores más bajos. Los cálculos de heterosis, mostraron de manera general una disminución del vigor de los híbridos con respecto al mejor progenitor, al observarse en la mayoría de los casos heterosis negativa (Cuadro 4), posiblemente como resultado de una estrecha relación entre los progenitores; ya que de acuerdo con Geleta *et al.* (2004), híbridos resultantes de progenitores estrechamente relacionados muestran bajos valores de heterosis. Sin embargo, los mismos autores también mencionan valores similares para híbridos de progenitores distantemente relacionados.

Contrariamente, citan que cruces con divergencia intermedia muestran mayores valores de heterosis para caracteres como, longitud, peso y rendimiento de fruto. Se observaron valores negativos de heterosis en caracteres de la planta, fruto y rendimiento. Aunque para caracteres de la flor los valores de heterosis fueron muy próximos a cero (Cuadro 5). Uno de los inconvenientes que se tiene en el cultivo de chile manzano

third of the time earlier than FB, a parent described as an early flowering one. This represented a difference of 50 days, time that from the commercial point of view could be significant. According to Elitzur *et al.* (2009), this character is pleiotropically affected also by the Fasciculata gene, which means a wide variation among the different species of *Capsicum* genus or even within them as it is observed in the evaluated phenotypic variants of *C. pubescens* (FB, FMC And FML).

Of the seven characters evaluated in fruit, five (Lpd, Lg, Ps, Gpr and Nil) corresponding to the type of the FB parent were expressed in the majority of evaluated hybrids (61%). Exceptions were the fruit width (Ach) that in three of the evaluated hybrids showed characters of the FMC progenitor and only the FB*FMC cross showed a value comparable to FML, which is the progenitor with the largest fruit width. In the variable number of seeds, there were no significant differences between the hybrids, but there existed with the three progenitors, showing on average 58% lower seed number than the parent with the lowest value (FB). Only the FB*FMC hybrids and their reciprocal showed similar yields to the lower yielding parent which is FB, since the cross FB*FML and its reciprocal showed values even significantly lower than the FB parent.

Of the four obtained hybrids, direct and reciprocal, those corresponding to FML*FB and its reciprocal showed in five measured characters significantly lower values to the progenitor with the lowest values. Estimates of heterosis generally showed a decrease in the vigor of the hybrids compared to the best progenitor, shown in most cases negative heterosis (Table 4), possibly as a result of a close relationship between the parents; since according to Geleta *et al.* (2004), hybrids resulting from closely related parents show low heterosis values. However, the same authors also mention similar values for hybrids of distantly related progenitors.

Conversely, they mention that crosses with intermediate divergence show higher heterosis values for characters such as length, weight and fruit yield. Negative values of heterosis were observed in the plant characters fruit and yield. Although for flower characters the heterosis values were very close to zero (Table 5). One of the drawbacks in the Manzano pepper crop and basically in the most cultivated morphotype that is FML used in this research is

y básicamente el morfotipo más cultivado FML utilizado en esta investigación, es el hábito de crecimiento indeterminado que da a la planta conducción para la arquitectura deseada, generando consumo de tiempo y recursos.

Por lo tanto, la disminución de porte de la planta es una ventaja a partir de la heterosis negativa encontrada para este carácter; sin embargo, series de retrocruzas o desarrollo de líneas isogénicas (Alonso-Blanco y Koornneef, 2000; Thies y Fery, 2000) son necesarias para el tamaño y rendimiento de fruto, y este último tuvo heterosis negativa más de 50%. Según Rêgo (2009) el carácter dosel de la planta en *C. Baccatum* es influido por efectos no aditivos, que podrían ser de dominancia o epistáticos.

the habit of indeterminate growth that obliges to give the plant conduction for the desired architecture, generating consumption of time and resources.

Therefore, the decrease of plant size is an advantage from the negative heterosis found for this character; however, backcross series or developing isogenic lines (Alonso-Blanco y Koornneef, 2000; Thies y Fery, 2000) will be necessary to improve fruit size and yield, which showed in the case of the latter a negative heterosis of more than 50%. According to Rêgo (2009) the canopy character of the plant in *C. Baccatum* is influenced by non-additive effects, which might be dominance or epistatic.

Cuadro 4. Heterosis (%) con respecto al mejor progenitor de dos cruzas directas y su respectivo recíproco para catorce variables de planta, flor, fruto y rendimiento en *C. pubescens*.

Table 4. Heterosis (%) with respect to the best progenitor of two direct crosses and their respective reciprocal for fourteen plant, flower, fruit and yield variables in *C. pubescens*.

Cruza	Planta			Flor			Fruto						Rto		
	Apl	Lhj	Ahj	Tfl	Dcr	Lpt	Lft	Lpd	Lg	Ach	Ps	Gpr		NS	Nil
FML*FB	-29.7	-21	-18	7	0	-1.8	3.4	-25.9	-13.5	-10.9	-41	-21.3	-61.7	18.5	-78.2
FB*FML	-32.7	-25	-25.2	-38.6	-8.7	-6.6	0	-37.8	-13.5	-10.9	-41.5	-19.1	-73.4	-7.4	-77.4
FB*FMC	-7.7	-16.6	-7.5	1.3	0	1.2	3.4	0	-16.7	15.4	6.5	-22.7	-55.2	23.8	-33
FMC*FB	-12.6	-17.8	-10.9	4.5	-1.1	-4.3	1.7	-17.1	-16.7	2.6	-5.1	-27.3	-72.4	19	-27.8
Promedio	-20.7	-20.1	-15.4	-6.4	-2.4	-2.8	2.1	-20.2	-15.1	-0.95	-20.3	-22.6	-65.7	13.5	-54.1

Apl= altura de la planta; Lhj= longitud de hoja; Ahj= ancho de hoja; Tfl= tiempo a floración; Dcr= diámetro de corola; Lpt= longitud de pétalo; Lft= longitud de filamento; Lpd= longitud de pedúnculo; Lg= largo de fruto; Ach= ancho de fruto; Ps= peso de fruto; Gpr= grosor del pericarpio; Ns= número de semillas por fruto; Nil= número de loculos; Rto= rendimiento.

Las variables Apl, Lhj y Ahj se correlacionaron entre ellas con valores positivos altamente significativos, lo que demuestra su estrecha asociación y efecto en el porte y vigor de la planta (Cuadro 5). Las mismas variables también se correlacionaron positivamente y con valor estadístico con las variables de fruto de Lpd, Ps, Gpr, Ns y Rto, lo que denota una influencia directa del vigor de la planta en el tamaño del fruto. El número de semillas por fruto se correlacionó positiva y significativamente con el grosor del pericarpio, lo que asocia a este último carácter como el de mayor influencia en la cantidad de semillas obtenidas.

The variables Apl, Lhj and Ahj are correlated among them with highly significant positive values, demonstrating its close association and effect on plant size and vigor (Table 5). The same variables were also positively and statistically correlated with the fruit variables of Lpd, Ps, Gpr, Ns and Rto, which indicates a direct influence of plant vigor on fruit size. The number of seeds per fruit was positively and significantly correlated with the pericarp thickness, which associates this character as the one with the greatest influence on the quantity of obtained seeds.

Cuadro 5. Matriz de correlación Pearson para 15 caracteres de planta, flor y fruto de progenitores e híbridos F₁ de *C. pubescens*.

Table 5. Pearson correlation matrix for 15 characters of plant, flower and fruit of F₁ progenitors and hybrids of *C. pubescens*.

	Apl	Lhj	Ahj	Tfl	Dcr	Lpt	Lft	Lpd	Lg	Ach	Ps	Gpr	Ns	Nll	Rto
Apl	1														
Lhj	0.92**	1													
Ahj	0.95**	0.94**	1												
Tfl	0.4	0.29	0.43	1											
Dcr	0.38	0.46	0.46	0.64	1										
Lpt	0.67	0.6	0.75*	0.59	0.54	1									
Lft	-0.4	-0.51	-0.38	0.48	0.44	0.2	1								
Lpd	0.94**	0.85*	0.93**	0.53	0.54	0.86**	-0.13	1							
Lg	0.68	0.7	0.57	0.33	0.16	0.32	-0.42	0.6	1						
Ach	0.35	0.25	0.27	0.09	0.63	0.38	0.32	0.47	-0.06	1					
Ps	0.88**	0.79*	0.83*	0.27	0.55	0.58	-0.22	0.86**	0.39	0.71	1				
Gpr	0.73	0.92**	0.8*	-0.04	0.33	0.45	-0.62	0.65	0.57	0.21	0.64	1			
Ns	0.88**	0.93**	0.92**	0.27	0.22	0.65	-0.57	0.82*	0.74	0.01	0.62	0.86**	1		
Nll	-0.27	-0.21	-0.12	0.21	0.65	0.14	0.67	-0.08	-0.64	0.53	0.09	-0.19	-0.43	1	
Rto	0.95**	0.85*	0.84*	0.4	0.28	0.49	-0.45	0.85*	0.81*	0.24	0.79*	0.62	0.81*	-0.44	1

Apl= altura de la planta; Lhj= longitud de hoja; Ahj= ancho de hoja; Tfl= tiempo a floración; Dcr= diámetro de corola; Lpt= longitud de pétalo; Lft= longitud de filamento; Lpd= longitud de pedúnculo; Lg= largo de fruto; Ach= ancho de fruto; Ps= peso de fruto; Gpr= grosor del pericarpio; Ns= número de semillas por fruto; Nll= número de lóculos; Rto= rendimiento; * = significativo ($p \leq 0.05$); ** = altamente significativo ($p \leq 0.01$).

Conclusiones

En los métodos de hibridación, el aislamiento de flores polinizadas manualmente afectó en más de 50% el prendimiento de fruto, por lo cual, además del manejo que debe ser de alta destreza, también se deben considerar otros materiales diferentes al empleado para el aislamiento contra insectos u otros factores ambientales que promuevan polinización cruzada con polen extraño o muerte de la flor o fruto. La posición del estigma con respecto a las anteras tanto en progenitores como en los híbridos fue heteromórfica, con 70-90% al nivel de las anteras, lo que sugiere un alto porcentaje de autopolinización que ha permitido la conservación de los morfotipos por semilla obtenida de polinización libre.

Los variantes de cuatro de seis caracteres cualitativos medidos (color del tallo, color de la corola, color del filamento y color del estilo) se encontraron en el progenitor FB y fueron recesivos a los correspondientes de FML y FMC. Mientras que en caracteres cuantitativos los

Conclusions

In the hybridization methods, the isolation of manually pollinated flowers affected by more than 50% the fruit picking, so, in addition to the handling that must be of high skill, other materials other than those used for insulation against insects or other environmental factors that promote cross-pollination with foreign pollen or the death of the flower or fruit must be considered. The position of stigma with respect to anthers in both progenitors and hybrids was heteromorphic, with 70-90% at the anther level, suggesting a high percentage of self-pollination that allowed the conservation of morphotypes by seeds obtained from free pollination.

The variants of four of six measured qualitative characters (stem color, corolla color, filament color and style color) were found in the FB progenitor and were recessive to the corresponding FML and FMC. While in quantitative characters the smaller variants in the plant height and leaf length and leaf width present in the FB and FMC morphotypes

variantes de menor tamaño en las variables de altura de la planta y largo y ancho de hoja presentes en los morfotipos FB y FMC fueron dominantes en los híbridos y afectaron negativamente en el rendimiento de frutos y heterosis. Por lo tanto, la disminución en el porte de la planta en los híbridos obtenidos resultó favorable para aspectos de manejo de la planta; sin embargo, se requiere de estrategias de mejoramiento genético adicionales como selección de segregantes y retrocruzas para mejorar el tamaño del fruto.

were dominant in the hybrids and negatively affected fruit yield and heterosis. Therefore, the decrease in plant size in the obtained hybrids was favorable for plant management aspects; however, additional genetic improvement strategies are required such as selection of segregants and backcrosses to improve fruit size.

End of the English version



Literatura citada

- Alonso, B. C. and Koornneef, M. 2000. Naturally occurring variation in Arabidopsis: an underexploited resource for plant genetics. *Trends Plant Sci.* 5(1):22-29.
- Azurdia, C. G. 1995. *Capsicum* spp. In: caracterización de algunos cultivos nativos de Guatemala. International Borrada for Plant Genetic Resources, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. 135-142 pp.
- Berke, T. G. 2000. Hybrid seed production in *Capsicum*. *Journal New Sedes.* 1:49-67.
- Barrios, O.; Fuentes, V.; Shagarosdky, T.; Cristóbal, R.; Castiñeiras, L.; Fundora, Z. y León, N. 2007. Nuevas combinaciones híbridas de *Capsicum* spp. en sistemas de agricultura tradicional de occidente y oriente de Cuba. *Agrotecnia de Cuba.* 31(2):327-335.
- Bosland, P. W. and Vostava, E. J. 2000. Peppers: vegetable and spice Capsicums. CABI Publishing, New York, USA. 229 p.
- Daskalov, S. and Mihailov, L. 1988. A new method for hybrid seed production based on cytoplasmic male sterility combined with a lethal gene and a female sterile pollenizer in *Capsicum annuum* L. *Theoretical and Applied Genetics.* 76(4):530-532.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W. 2011. Infostat: programa de cómputo. Versión 24-03-2011. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. 331p.
- Elitzur, T.; Nahum, H.; Borovsky, Y.; Pekker, I.; Eshed, Y. and Paran, I. 2009. Co-ordinated regulation of flowering time, plant architecture and growth by Fasciculate: the pepper orthologue of self pruning. *J. Exp. Bot.* 60(3):869-880.
- Geleta, L. F. and Labuschagne, M. T. 2004. Comparative performance and heterosis in single, three-way and double cross pepper hybrids. *J. Agric. Sci.* 142:659-663.
- George, R. A. T. 1999. Vegetable seed production. CABI Publishing. 327 p.
- Harlan, J. R. 1975. Crops and man. American Society of Agronomy. Madison Wisconsin, USA. 306 p.
- Harrison, R. G. 1990. Hybrid zones: windows on evolutionary process. *Oxford Surveys in Evolutionary Biology.* 7:69-128.
- Latournerie, L. C. S., J. L.; Pérez, M.; Castañon, G.; Rodríguez, S. and Arias, L. (2001). Valoración in situ de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* y *Capsicum chinense*). en Yaxcabá, Yucatán. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 25(1):25-33.
- PGRI-AVRDC-CATIE (1995). Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum* spp.). In: 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. 50 p.
- Pickersgill, B. 1997. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica.* 96(1):129-133.
- Reyes, C. P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor, S. A. México. 460 p.
- Rêgo, E. R.; Rêgo, M. M.; Cruz, C. D.; Finger, F. L. and Casali, V. W. D. (2009). A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). *Euphytica.* 168(2):275-287.
- Rieseberg, L. H. 1997. Hybrid origins of plant species. *Annual Review of Ecology and Systematics.* 28: 359-389.
- Sahagun, C. J. (1999). Efectos de aptitud combinatoria en poblaciones de tomate de cáscara (*Physalis exocarpa* Brot.). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 5(1):23-27.
- Sánchez, S. H.; González, H. V.; Cruz, P. A.; Pérez, G. M.; Gutiérrez, E. A.; Gardea, B. A. y Gómez, L. M. 2010. Herencia de capsaicinoides en chile Manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.). *Agrociencia.* 44(6):655-665.
- Santhy, V.; Khadi, B. M.; Singh, P.; Vijaya, K. P. R.; Deshmukh, R. K. and Vishwanathan, A. 2008. Hybrid seed production in cotton. *CICR Technical Bulletin Núm. 35.* Central Institute for Cotton Research Nagpur, India. 25p.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: proceedings 6th International Congress on Soils Culture. Wageningen. The Netherlands. 633-650 pp.
- Sussex, I. M. and Kerk, N. M. 2001. The evolution of plant architecture. *Current Opinion in Plant Biology.* 4:33-37.
- Thies, J. A. and Fery, R. L. 2000. Characterization of resistance conferred by the N gene to *Meloidogyne arenaria* races 1 and 2, M. hapla, and M. javanica in two sets of isogenic lines of *Capsicum annuum* L. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 125(1):71-75.