

VIABILIDAD, TAMAÑO DEL POLEN Y DE LA SEMILLA EN GENOTIPOS DE TÓMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot.)*

VIABILITY, POLLEN AND SEED SIZE IN HUSK TOMATO (*Physalis ixocarpa* Brot.) GENOTYPES

Jorge Fabio Inzunza Castro¹; Armando García Velázquez²; Aquiles Carballo Carballo²; Aureliano Peña Lomelí³

¹ Estudiante de Maestría del IREGEP del Colegio de Postgraduados, 56230 Montecillo, México. ² Profesores-Investigadores del Colegio de Postgraduados, 56230 Montecillo, México. ³ Director del Depto. de Fitotecnia de la UACH.

RESUMEN

En los invernaderos del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Edo. de México, se establecieron 28 genotipos de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), con el objetivo de estudiar el tamaño y viabilidad del polen, así como el tamaño de la semilla. Para conformar los 28 genotipos, siete se utilizaron como progenitores (CHF₁-Chapingo, Manzano, Milpero, Puebla, Salamanca, Silvestre Autoincompatible y Tamazula), y los 21 restantes fueron los cruzamientos posibles entre ellos. En seis de los progenitores la viabilidad del polen fue superior al 90%, en uno de 75.56% y en las cruas F₁ superior a 90%. El tamaño esperado del grano de polen de las cruas se calculó como el promedio de los dos progenitores. Los resultados demuestran que es un carácter controlado genéticamente, y se hereda en forma independiente de los factores ambientales. Se observó que los genotipos con mayor diámetro de polen presentaron mayor tamaño de semilla, de donde se deduce que existe una relación estrecha entre ambos caracteres.

Palabras clave: *Physalis ixocarpa* Brot., viabilidad del polen, diámetro del polen, tamaño de la semilla.

ABSTRACT

In order to study size and viability of the pollen grain as well as seed size, seven husk tomato varieties

(*Physalis ixocarpa* Brot.) and their 21 possible single crosses were planted in the greenhouse of Postgraduate College at Montecillo, State of Mexico. The seven varieties were: CHF₁-Chapingo, Manzano, Milpero, Puebla, Salamanca, Silvestre Autoincompatible and Tamazula. It was observed that pollen viability was more than 90% in six of the parental varieties and 74.6% in the others. All the F₁ crosses presented more than 90% of viable pollen. The expected pollen grain size of a cross was calculated as the average size of the two parental varieties. The obtained results demonstrated that pollen size is a character genetically controlled and independently inherited of environmental factors. It was observed that the seed size had a close relationship with the pollen grain size, and that the varieties with the bigger pollen grain diameter also had the bigger seed size.

Key words: *Physalis ixocarpa* Brot., pollen viability, pollen diameter, seed size.

INTRODUCCION

El género *Physalis* comprende alrededor de 80 especies, confinadas en su mayoría a zonas tropicales y templadas de América, en altitudes desde los 8 hasta los 350 m, y escasas especies se encuentran en el Este de Asia, India, Australia, Europa y Africa Tropical (Menzel,

* Fecha de recepción : 23 de septiembre de 1999

Fecha de aceptación : 20 de diciembre de 1999

1951). México se considera el centro de origen y domesticación de *Physalis ixocarpa* (Menzel, 1951; Peña y Márquez, 1990; Santiaguillo *et al.*, 1994). Por lo que existe gran diversidad de variedades nativas, la cual no ha sido suficientemente aprovechada con fines de mejoramiento genético. Grimaldo (1997) señala que el tomate de cáscara en México, donde se le conoce comúnmente como tomate, tomate verde, tomate de hoja, tomate fresadilla, tomate de bolsa y tomatillo, tiene importancia económica por su demanda insustituible en la elaboración de platillos tradicionales (Saray y Loya, 1977), al grado de que su cultivo se ha extendido en 26 de los 32 estados de la República Mexicana, entre los que destacan Jalisco, Michoacán y Puebla, donde se encuentra con mayor frecuencia tanto en forma silvestre como cultivada. El consumo *per capita* anual se ha incrementado significativamente, de menos de 0.5 kg en los años sesenta a 3.5 en la actualidad (Peña y Santiaguillo, 1999), además la superficie sembrada también ha ido en aumento, como se observa en las estadísticas siguientes: 13,086 ha en 1977; 22,168 en 1989 y 32,997 en 1997 (SARH, 1977, 1989, 1997); esto como consecuencia de una tasa de crecimiento demográfico elevada. Estos datos constituyen indicadores de la necesidad de desarrollar estrategias que permitan elevar la producción sin incrementar la superficie cultivada.

Por otro lado, se presenta la ausencia de variedades mejoradas en el mercado, lo cual quizá se deba a la escasa demanda observada en el pasado, y como consecuencia de ello a la falta de interés de los investigadores por realizar trabajos de mejoramiento genético (Grimaldo, 1997), a lo que se suma la carencia de estudios relacionados con la caracterización sistemática de la especie [La producción comercial de tomate se basa principalmente en variedades criollas, como Tamazula, Salamanca, Arandas, entre otras, resultado de selecciones efectuadas por los propios productores (Peña, 1994)]. En México la información sobre el sistema más eficiente de manejo del cultivo, como densidad de población y distribución espacial en el terreno es mínima, y en otros aspectos no existe, por lo que se requiere efectuar investigación que conlleve al mejor y más amplio conocimiento de la especie.

En este contexto, el presente estudio se estableció con los objetivos siguientes: determinar la viabilidad y tamaño del polen, así como el tamaño de la semilla y su

relación con el tamaño del polen y fruto en 28 genotipos de tomate de cáscara.

Un grano de polen de tamaño grande por tener mayores reservas nutritivas en el citoplasma, puede desarrollar un tubo polínico de mayor longitud a mayor rapidez que uno de polen pequeño (Galinat, 1961; Domínguez, 1973; Kumar y Sarkar, 1975). Sin embargo, Aguirre y Kato (1979) observan que la mayor capacidad del grano de polen para competir en la fecundación no siempre depende de su tamaño, sino de su habilidad para fecundar. Un ejemplo de esta situación es el caso del grano de polen del híbrido F₁ Maíz-Teocintle, el cual con un tamaño de 78.95 µm tuvo mayor habilidad para fecundar que el del maíz tipo ceroso con 94.52 µm. La habilidad del polen F₁ puede ser adquirida del progenitor femenino (Pfhaler, 1965); además, existen evidencias que muestran que los cambios ambientales, que ocurren de año a año en una localidad y a través de localidades, tienen un efecto marcado en el tamaño del grano de polen, lo cual dificulta la comparación entre los resultados obtenidos en diferentes estudios, aun cuando se haya utilizado el mismo material genético (Cervantes, 1993). Varios investigadores han observado el efecto de la temperatura en la viabilidad del polen; así, en sorgo el polen mantiene su viabilidad si la temperatura y humedad se manejan adecuadamente relativa (Sánchez y Smeltzer, 1965). Por otro lado, en condiciones naturales, la fertilidad del polen en diferentes genotipos de sorgo está influenciada por la temperatura, ya que dependiendo del lugar y época del año donde estos materiales se siembren, se comportarán como fértiles o estériles (Livera, 1975). El grado de fertilidad o esterilidad del polen en sorgo depende en gran medida de las características particulares del material genético en relación con la tolerancia o susceptibilidad al frío (Moreno, 1991). El polen de mijo perla puede almacenarse por 24 hr a 26.6 °C sin pérdida de viabilidad, y de cuatro días a 4.4 °C con menos del 50% de pérdida de ésta; pero poco sobrevive almacenado a 26.6 °C durante dos días (Cooper y Burton, 1965). El polen de tabaco almacenado a 0 °C y menos del 50% de humedad relativa, mantiene la viabilidad por 136 semanas con tendencia de continuar viable por un largo tiempo (Dean, 1965). Otro de los factores que influyen en la fecundación es la autoincompatibilidad, la cual es una disfuncionalidad fisiológica controlada genéticamente para producir frutos por autofecundación; se debe a que el polen no llega a germinar y si lo hace,

el tubo polínico no logra penetrar a través del estigma o crece tan lentamente que no alcanza a efectuar la fecundación; es probable que la velocidad de crecimiento de los tubos polínicos esté influida por el sistema genético que controla la incompatibilidad (Pérez *et al.*, 1997). En tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) se ha observado un sistema de autoincompatibilidad homomórfica con control gametofítico y epistasis dada por dos genes, cada uno con alelos múltiples, donde la fisiología genética del estilo corresponde a una acción individual y epistática (Pandey, 1957). También se registra que el genotipo de la planta femenina juega un papel determinante en la habilidad del polen para fertilizar. Siendo esta una característica del gametofito masculino, es posible que sea mayor o menor de acuerdo con el estilo donde crece (Gorla *et al.*, 1976). Se considera que en híbridos (F_1) de *Solanum melongena* x *S. surattense* la fertilidad del polen está relacionada directamente con la asociación cromosómica en anafase I (Singh y Roy, 1986). En los diferentes genotipos de tomate de cáscara la variabilidad en la fertilidad del polen se debe probablemente a la condición genética y grado de domesticación (Grimaldo, 1997). La alteración en la viabilidad del polen es un indicador de la existencia de cambios en el genotipo de las plantas (Andrade, 1998). La calidad del polen depende de factores diversos, incluyendo la estabilidad genética de la variedad, el ambiente en el cual las plantas crecen hasta floración y los métodos de colecta y almacenamiento de polen; es necesario disponer de polen con alta viabilidad para propósitos de mejoramiento genético exitosos, y con frecuencia la información sobre este tópico es escasa (Johri, 1984).

MATERIALES Y METODOS

Material biológico

Se utilizaron siete genotipos como progenitores y 21 cruzamientos F_1 entre ellos (Cuadro 1). Las variedades progenitoras empleadas forman parte de una colecta realizada por el Programa de Mejoramiento Genético de Tomate de Cáscara de la Universidad Autónoma Chapingo establecido en 1985. El total de los genotipos son autoincompatibles y producen descendencia fértil al cruzarse entre ellos. El material genético se sembró en los invernaderos del Colegio de Postgraduados, en vasos de polipropileno No. 10, con un sustrato

consistente en una mezcla de 80% de tierra de monte, 15% de tierra de hoja y 5% de estiércol de borrego, previamente esterilizado con bromuro de metilo, en el que se colocaron 20 semillas en cada vaso. Cuando las plantas alcanzaron una altura de 10 a 15 cm se trasplantaron en macetas de plástico negro de 4 L de capacidad. Se mantuvieron libres de plagas y enfermedades, y se fertilizó con 100 g de la fórmula 17-17-17 disueltos en 20 L de agua, con la que se regó cada 15 días.

Recolección del polen

Para determinar la viabilidad del polen, cuando las plantas alcanzaron 50 días de edad, se colectaron

Cuadro 1. Variedades e híbridos F_1 de tomate de cáscara y lugar de origen.

Material	Lugar de origen
Progenitores	
CHF ₁ -Chapingo	Chapingo, México
Manzano	Tepetlixpa, México
Milpero	Tetela del Volcán, Mor.
Puebla	Tecamachalco, Puebla
Salamanca	Salamanca, Guanajuato
Silvestre Autoincompatible	Tenamaxtlán, Jalisco
Tamazula	Ahuacatlán, Nayarit
Cruzas	
Milpero x Silvestre Autoincompatible	Chapingo, México
Tamazula x Silvestre Autoincompatible	Chapingo, México
Silvestre Autoincompatible x Manzano	Chapingo, México
CHF ₁ -Chapingo x Silvestre Autoincompatible	Chapingo, México
Salamanca x Silvestre Autoincompatible	Chapingo, México
Puebla x Silvestre Autoincompatible	Chapingo, México
Milpero x Tamazula	Chapingo, México
Milpero x Manzano	Chapingo, México
Milpero x CHF ₁ -Chapingo	Chapingo, México
Milpero x Salamanca	Chapingo, México
Milpero x Puebla	Chapingo, México
Tamazula x Manzano	Chapingo, México
Tamazula x CHF ₁ -Chapingo	Chapingo, México
Tamazula x Salamanca	Chapingo, México
Tamazula x Puebla	Chapingo, México
CHF ₁ -Chapingo x Manzano	Chapingo, México
Salamanca x Manzano	Chapingo, México
Manzano x Puebla	Chapingo, México
CHF ₁ -Chapingo x Salamanca	Chapingo, México
Puebla x CHF ₁ -Chapingo	Chapingo, México
Puebla x Salamanca	Chapingo, México

botones florales con un diámetro de aproximadamente 3 mm (se observó que esta medida era diferente para cada genotipo). La recolección se llevó a cabo entre las 8:00 y 10:00 horas. Los botones seleccionados se colocaron en cajas petri con papel filtro húmedo para evitar la deshidratación de los granos de polen y así impedir alterar su tamaño; posteriormente se trasladaron al laboratorio, donde se analizó un mínimo de 2,300 y un máximo de 6,400 granos de polen en cada uno de los 28 genotipos estudiados. Los conteos se realizaron en 300 campos en promedio.

Viabilidad del polen

Para determinar la viabilidad del polen se utilizó el método de tinción con aceto carmín al 1.8% (García, 1990; Singh, 1993). A una muestra de dos anteras colocadas sobre un portaobjetos se le agregó una gota de solución; posteriormente, con un bisturí las anteras se cortaron en forma longitudinal y transversal para después con unas pinzas presionarlas para extraer el polen contenido en ellas; los residuos del tejido se separaron y colocaron en un cubreobjetos sobre la solución que contenía el polen; el exceso de colorante se retiró con una hoja de papel secante, y la preparación se selló con una mezcla de cera de abeja y parafina caliente (1:1p/p). La coloración completa de los granos de polen se consideró como indicador de viabilidad, y los granos sin coloración o deformes se consideraron inviables.

Tamaño del grano de polen

El método de medición consistió en colorear el polen con una solución de orceína propiónica al 1.8%. El procedimiento para elaborar la preparación fue igual al utilizado para la determinación de la viabilidad. Para efectuar la medición se siguió la metodología propuesta por García (1990) y Hernández (1990). En cada genotipo se midieron 200 granos de polen de muestras tomadas al azar. Se compararon los datos observados y los esperados sometidos a una prueba de Ji-cuadrada; el promedio de los valores del diámetro observados en cada cruzamiento coinciden con los que podrían esperarse al efectuar cruzamientos entre ellos.

Tamaño de la semilla

Para determinar el tamaño de la semilla de los genotipos se usó un Vernier scala; se midió una muestra de 100 semillas tomadas de varios frutos en cada uno de los materiales bajo estudio. Debido a la forma ovalada de éstas se tuvo cuidado de medir el eje de mayor longitud.

Heterosis

La heterosis se calculó con respecto a los progenitores medio y superior a través de las fórmulas propuestas por Robles (1991).

Progenitor medio:

$$\text{Heterosis} = \frac{F_1}{\frac{P_1 + P_2}{2}} \times 100$$

Progenitor superior:

$$\text{Heterosis} = \frac{F_1 - \text{Vigor progenitor superior}}{\text{Vigor progenitor superior}} \times 100$$

Donde:

F_1 = cruzamiento; P_1 = Progenitor femenino; P_2 = Progenitor masculino

RESULTADOS Y DISCUSION

Viabilidad del polen

El porcentaje de polen viable en cada variedad progenitora fue mayor al 90%, excepto en Salamanca, que alcanzó 74.56%. En las cruza F_1 también superó el 90%, aún en las que intervino Salamanca (Cuadro 2). Este último resultado se debió posiblemente a la heterosis de los híbridos, como lo menciona Pfahler (1965) para el caso de la viabilidad del polen en un híbrido de maíz. La viabilidad del polen de la cruz CHF_1 -Chapingo x Salamanca superó a uno de sus progenitores así como al resto de las cruza (Cuadro 2). Los resultados de este trabajo fueron similares a los reportados por Grimaldo (1997) y Andrade (1998), quienes indican que en las variedades Milpero, Tamazula, Manzano, CHF_1 -

Cuadro 2. Granos de polen observados, porcentaje de viabilidad y tamaño del grano de polen de 28 genotipos de tomate de cáscara

Genotipos	Granos de polen observados	Polen viable (%)	Tamaño de polen (μm)	
			observado	esperado*
Progenitores:				
CHF ₁ -Chapingo	3,905	93.37	26.58	---
Manzano	2,627	98.59	18.80	---
Milpero	4,762	97.61	24.66	---
Puebla	3,042	96.29	19.92	---
Salamanca	5,660	74.56	22.52	---
Silvestre Autoincompatible	3,950	94.58	14.49	---
Tamazula	4,784	99.38	17.34	---
Cruzas:				
Milpero x Silvestre Autoincompatible	4,660	94.08	26.20	19.58
Tamazula x Silvestre Autoincompatible	3,461	95.43	25.66	15.92
Silvestre Autoincompatible x Manzano	5,083	98.86	18.38	16.65
CHF ₁ -Chapingo x Silvestre Autoincompatible	3,481	95.92	20.72	20.54
Salamanca x Silvestre Autoincompatible	2,703	97.26	25.00	18.51
Puebla x Silvestre Autoincompatible	5,460	98.37	25.40	17.21
Milpero x Tamazula	4,483	91.12	21.38	21.00
Milpero x Manzano	3,529	96.03	19.86	21.73
Milpero x CHF ₁ -Chapingo	4,539	97.38	20.46	25.62
Milpero x Salamanca	4,206	94.10	24.42	23.59
Milpero x Puebla	3,312	97.77	22.32	22.29
Tamazula x Manzano	6,457	96.52	27.80	18.07
Tamazula x CHF ₁ -Chapingo	3,802	96.95	21.94	21.96
Tamazula x Salamanca	2,715	99.30	18.92	19.93
Tamazula x Puebla	4,139	98.26	16.82	18.63
CHF ₁ -Chapingo x Manzano	4,241	96.65	25.28	22.69
Salamanca x Manzano	3,409	96.36	19.98	20.66
Manzano x Puebla	4,040	99.23	20.46	19.36
CHF ₁ -Chapingo x Salamanca	2,315	99.35	20.00	24.55
Puebla x CHF ₁ -Chapingo	7,227	97.29	19.38	23.25
Puebla x Salamanca	3,567	98.04	20.86	21.22
Total de granos de polen observados	115,559			

*Suponiendo que el tamaño de polen es controlado genéticamente y con herencia monogénica. X^2 experimental 22.64 < X^2 tabulada 31.4

Chapingo (Rendidora Mejorada) y Puebla, y en las cruzas de éstas, la viabilidad del polen superó el 90%. Esta información sugiere que la viabilidad del polen es controlada genéticamente, aunque puede estar influenciada por factores ambientales. Cervantes (1993) menciona haber encontrado evidencias que comprueban que los cambios ambientales, tanto los que ocurren de año a año en un solo sitio, como aquéllos que suceden en lugares diferentes, tienen efecto en el tamaño de los granos de polen. Por otro lado, estos resultados difieren de los obtenidos por Grimaldo (1997) y Andrade (1998), que, respectivamente, encontraron porcentajes de polen viable de 75.78 y 79.34 para la variedad

Silvestre Autoincompatible; así como 93.56 y 95.35 para Salamanca. En tanto en esta investigación los valores fueron 74.56% para Salamanca y 94.58% para Silvestre Autoincompatible, diferencias que se atribuyen probablemente al efecto de la temperatura del invernadero.

Tamaño del grano de polen

Resultó evidente la variabilidad en el tamaño del grano de polen (Cuadro 2), ya que en los progenitores la variedad CHF₁-Chapingo presentó el mayor tamaño

(26.58mm), mientras que Silvestre Autoincompatible el menor (14.49mm), con una diferencia de 12.09µm, lo que representa el 83.44% de este último. Esto probablemente se debió a aspectos genéticos, pues el genotipo con el que más se ha trabajado en programas de mejoramiento muestra el mayor diámetro de polen, en tanto Silvestre Autoincompatible, considerado como antecesor, el menor, ya que al practicar selección hacia mayor rendimiento se realiza selección indirecta para tamaño de polen. Con los valores de diámetro de polen de los progenitores se calculó el promedio del que podría esperarse en los cruzamientos (Cuadro 2). Con los resultados obtenidos, a través de las pruebas de Ji-Cuadrada queda claro que el tamaño de los granos de polen se determina genéticamente, y los factores ambientales influyen en grado menor. Lo cual coincide con lo encontrado por Livera (1975), Cervantes (1993) y Grimaldo (1997) en cultivos de sorgo, maíz y tomate de cáscara, respectivamente. También se observó que en los cruzamientos de Silvestre Autoincompatible con otros progenitores hay una restauración del tamaño de polen, ya que en el total éstos el tamaño promedio superó al de Silvestre Autoincompatible, lo que posiblemente se deba a un efecto de heterosis, al igual que en el caso del porcentaje de viabilidad, como se aprecia en el Cuadro 4.

Tamaño de la semilla

En el Cuadro 3 se advierte que los genotipos mejorados, o los que han sido cultivados por un largo período, como Manzano, Salamanca, CHF₁-Chapingo, Puebla y Milpero, presentaron el tamaño de semilla mayor; mientras de los siete progenitores Silvestre Autoincompatible el menor. La diferencia entre los valores extremos en el tamaño de la semilla fue de 0.616 mm, lo cual corresponde al 29.32% del mayor.

Los valores obtenidos en este trabajo en cuanto a tamaño de semilla de los progenitores fueron semejantes a los reportados por Andrade (1998). Grimaldo (1997) realizó una correlación entre el tamaño de la semilla y el del fruto, y encontró un valor de 64%, lo que confirma que en tomate de cáscara a mayor tamaño de la semilla se espera mayor tamaño de fruto.

Se considera que lo anterior probablemente se debe al proceso de mejoramiento y selección, ya que el hombre

Cuadro 3. Diámetro de la semilla (mm) de siete progenitores y 21 cruzas F₁ de tomate de cáscara.

Genotipos	Diámetro de la semilla (mm)
Progenitores:	
Manzano	2.101
Salamanca	2.101
Tamazula	2.030
CHF ₁ -Chapingo	2.025
Puebla	1.985
Milpero	1.918
Silvestre Autoincompatible	1.485
Cruzas:	
Milpero x Silvestre Autoincompatible	1.999
Tamazula x Silvestre Autoincompatible	2.096
Silvestre Autoincompatible x Manzano	1.509
CHF ₁ -Chapingo x Silvestre Autoincompatible	1.998
Salamanca x Silvestre Autoincompatible	2.145
Puebla x Silvestre Autoincompatible	2.137
Milpero x Tamazula	1.958
Milpero x Manzano	2.000
Milpero x CHF ₁ -Chapingo	1.985
Milpero x Salamanca	2.026
Milpero x Puebla	1.954
Tamazula x Manzano	2.204
Tamazula x CHF ₁ -Chapingo	2.154
Tamazula x Salamanca	2.086
Tamazula x Puebla	2.150
CHF ₁ -Chapingo x Manzano	2.049
Salamanca x Manzano	2.108
Manzano x Puebla	2.095
CHF ₁ -Chapingo x Salamanca	1.981
Puebla x CHF ₁ -Chapingo	2.312
Puebla x Salamanca	2.002

Tamaño de muestra: 100 semillas

ha venido clasificando los frutos de mayor tamaño e indirectamente también los de mayor tamaño de semilla. En relación con éste último en las cruzas F₁, se observó que sobrepasan a sus progenitores; este fue el caso de las correspondientes a Puebla x CHF₁-Chapingo, TamazulaxManzano, Tamazula x CHF₁-Chapingo, Salamanca x Silvestre Autoincompatible, Puebla x Silvestre Autoincompatible; además, algunas superan a los progenitores con mayor tamaño de semilla, como las de Manzano, Salamanca, y CHF₁-Chapingo, lo cual posiblemente fue causado por un efecto de heterosis, como ocurrió en la viabilidad y diámetro de polen.

Cuadro 4. Heterosis respecto al progenitor medio (HPM) y al superior (HPS) de cruzas de tomate de cáscara.

Cruzas	Diámetro de polen		Viabilidad		Tamaño de semilla	
	HPM	HPS	HPM	HPS	HPM	HPS
Milpero x Silvestre Autoincompatible	133.84	6.24	97.90	-3.62	117.48	4.22
Tamazula x Silvestre Autoincompatible	161.23	47.98	98.40	-3.97	119.26	3.25
Silvestre Autoincompatible x Manzano	110.42	-25.47	102.36	0.27	84.16	-28.18
CHF ₁ -Chapingo x Silvestre Autoincompatible	100.90	-22.05	102.11	1.42	113.85	-1.33
Salamanca x Silvestre Autoincompatible	135.10	11.01	115.01	2.83	119.63	2.09
Puebla x Silvestre Autoincompatible	147.63	27.51	103.08	2.16	123.17	7.66
Milpero x Tamazula	101.81	-13.30	92.51	-8.31	99.19	-3.55
Milpero x Manzano	91.39	-19.46	97.98	-2.60	99.53	-4.81
Milpero x CHF ₁ -Chapingo	79.86	-23.02	101.98	-0.24	100.68	-1.98
Milpero x Salamanca	103.52	-0.97	109.31	-3.60	100.82	-3.57
Milpero x Puebla	100.13	-9.49	100.85	0.16	100.13	-1.56
Tamazula x Manzano	153.85	47.87	97.51	-2.88	106.71	4.90
Tamazula x CHF ₁ -Chapingo	99.91	-17.46	100.60	-2.44	106.24	6.11
Tamazula x Salamanca	94.93	-15.99	114.18	-0.08	100.99	-0.71
Tamazula x Puebla	90.28	-15.56	100.43	-1.13	107.10	5.91
CHF ₁ -Chapingo x Manzano	111.41	-4.89	100.70	-1.97	99.32	-2.48
Salamanca X Manzano	96.71	-11.28	111.30	-2.26	100.33	0.33
Manzano x Puebla	105.68	2.71	105.07	0.65	102.55	-0.29
CHF ₁ -Chapingo x Salamanca	81.47	-24.76	118.32	6.40	96.03	-5.71
Puebla x CHF ₁ -Chapingo	83.35	-27.09	102.59	1.04	98.80	14.17
Puebla x Salamanca	98.30	-7.37	114.77	1.82	97.99	-4.71

Heterosis

En el carácter diámetro del polen se observó heterosis con respecto al progenitor medio (HPM) en el 57% de las cruzas, y en el 28% en relación con el progenitor superior (HPS). En viabilidad se presentó heterosis con respecto al progenitor medio en el 76% de las cruzas y en el 42% respecto al progenitor superior. En el carácter tamaño de semilla se observa heterosis de 66% con respecto al progenitor medio y de 42% con respecto al progenitor superior en el 66% y 42% de los cruzas, respectivamente (Cuadro 4).

CONCLUSIONES

1. Es factible esperar que a mayor tamaño de semilla exista mayor tamaño de grano de polen y de fruto.
2. La baja viabilidad de ciertos progenitores es superada por las cruzas de algunos de éstos progenitores.

3. Existe heterosis con respecto al progenitor medio y al progenitor superior en los caracteres tamaño de polen, viabilidad y tamaño de semilla.

LITERATURA CITADA

- Aguirre G., C.D. y T.A. Kato Y. 1979. Competencia entre el polen de maíz y teocintle durante la fecundación. *Agrociencia*. 37:109-121
- Andrade R.,M. 1998. Cultivo *in vitro* de tomate de cáscara. Tesis de M.C. Montecillo, México. Colegio de Postgraduados. 163 p.
- Cervantes M.,T. 1993. Estudio sobre el tamaño de grano de polen de maíz y teocintle. Tesis de M.C. Montecillo, México. Colegio de Postgraduados. 61p.
- Cooper, B.R. and G.W. Burton. 1965. Effect of pollen storage and hour of pollination on seed set in

- pearl millet, *Pennisetum typhoides*. *Crop Sci.* 5 (1): 18-20.
- Dean, C.E. 1965. Effect of temperature and humidity on longevity of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) pollen in storage. *Crop Sci.* 5 (2): 148-150.
- Domínguez S.,S. 1973. Influencia de los nudos cromosómicos en el proceso de la fertilización del *Zea mays* L. Tesis Profesional. Chapingo, México. Escuela Nacional de Agricultura. 72 p.
- Galinat, W.C. 1961. The association of pollen grain size with ear length in corn. *Maize Genet. Coop. News Letter* 35:39-41.
- García V., A. 1990. Manual de técnicas y procedimientos de citogenética vegetal. 3a. ed. Montecillo, México. Colegio de Postgraduados. 144 p.
- Gorla, M.S. and R. Bellintani. 1976. Variation of pollen fertilization ability in relation to the genotype of stilar tissue. *Maize Genet. Coop. News Letter.* 50:77-79.
- Grimaldo J.,O. 1997. Relación entre el grado de domesticación y las características citológicas y morfológicas del fruto en tomate de cáscara (*Physalis* spp.). Tesis M.C. Montecillo, México. Colegio de Postgraduados. 76 p.
- Hernández S., M. 1990. Manual de laboratorio, citología y citogenética. México, Trillas. 103 p.
- Kumar, D. and K.R. Sarkar. 1975. Pollen tube growth *in vitro* and *in vivo*. *Maize Genet. Coop. News Letter.* 49:53.
- Johri, B.M. 1984. Embriology of angiosperms. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, Tokyo. 819 p.
- Livera M.,M. 1975. La temperatura como factor limitante en la adaptación del sorgo para grano (*Sorghum bicolor* Moench) en los Valles Altos de México. Tesis Profesional. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 59 p.
- Menzel, Y.M. 1951. The cytology and genetics of *Physalis*. *Proc. Am. Philos. Soc.* 95 (2):132-183.
- México. Dirección General de Economía Agrícola. 1977. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo 1. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. p. 207.
- México. Subdirección de Planeación. 1989. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo 1. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. p. 214-215.
- México. Subdirección de Planeación. 1997. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo 1. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. p. 512-513.
- Moreno P.,E. 1991. Relación de fertilidad y morfología de estigmas con la tolerancia a frío y la ubicación de las flores en la panícula de sorgo (*Sorghum bicolor* Moench). Tesis Profesional. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 93 p.
- Pandey, K.K. 1957. Genetics of self-incompatibility in *Physalis ixocarpa* Brot. A new system. *Am. J. Bot.* 44:879-887
- Pérez G.,M., F. Márquez S., y A. Peña L. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 379 p.
- Peña L.,A. y F. Márquez S. 1990. Mejoramiento genético de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo.* 71/72:85-88
- Peña L.,A. 1994. Hibridación en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) *In:* Programa y Memoria de Resúmenes de la XL Reunión Anual, Interamerican Society for Tropical Horticulture. 13-19 de noviembre. Campeche. Camp., México. p. 67.
- Peña L.,A. y J.F. Santiaguillo H. 1999. Variabilidad genética de tomate de cáscara en México. Programa Nacional de Investigación en Olericultura. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. (Boletín Técnico Núm. 3).
- Pfahler, P.L. 1965. Fertilization ability of maize pollen grains. 1. Pollen Sources. *Genetics* 52:513-520.
- Robles S.,R. 1991. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. Noriega Limusa. p: 209-214.
- Sánchez, R.L. and D.G. Smeltzer. 1965. Sorghum pollen viability. *Crop Sci.* 5 (2): 111-113.
- Santiaguillo H., J.F., R. López M., A. Peña L., J.A. Cuevas y J. Sahagún C. 1994. Distribución, colecta y conservación de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo, Serie Horticultura.* 2:125-129.
- Saray, R. y J. Loya R. 1977. El cultivo del tomate de cáscara en el estado de Morelos. Zacatepec, Mor., México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Campo Agrícola Experimental Zacatepec. (Circular Núm. 57).

- Singh, R. J. 1993. Plant cytogenetics. CRC Press. Boca Raton, Ann Arbor. London, Tokyo. 369 p.
- Singh, R.N. and S.K. Roy. 1986. Chromosome association and pollen fertility in *Solanum melongena* x *S. surattense* híbridos. Cytologia. 51:85-93.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Sr. Ricardo Contreras Trujano, laboratorista del Instituto de Recursos Genéticos y Productividad (IREGEP) del Colegio de Postgraduados, por su colaboración en la preparación de materiales y reactivos. Hacen extensivo su agradecimiento a la Universidad Autónoma Chapingo, por facilitar los materiales utilizados en el presente estudio.