

SELECCIÓN COMBINADA DE GENOTIPOS DE CALABAZA PIPIANA (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) EN EL SISTEMA MILPA

M. Á. Sánchez-Hernández¹; A. Mejía-Contreras¹; C. Villanueva-Verduzco²;
J. Sahagún-Castellanos²; A. Muñoz-Orozco¹; J. D. Molina-Galán¹

¹Especialidad de Genética. IREGEP. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO. (*Autor responsable).

²Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

El presente estudio se realizó con la finalidad de generar información relacionada con el mejoramiento genético de calabaza pipiana teniendo como objetivos: estimar para 14 caracteres los parámetros genéticos: media, varianza aditiva, varianza de dominancia, heredabilidad, coeficiente de variación aditiva y correlaciones fenotípicas y, conocer el efecto de diferentes densidades de siembra en el comportamiento agronómico de la especie. Los experimentos se establecieron durante el 2001 en Chapingo, México, en dos localidades y dos densidades de población por localidad: D1: 13,890 y D2: 9,260 plantas-ha⁻¹ de calabaza asociada con maíz (50,000 plantas-ha⁻¹) en surcos alternados de cada cultivo. Los resultados indicaron que la varianza aditiva en peso de fruto fue de 15,184 y en peso de semilla tuvo un valor de 35.98 y con la selección practicada apareció varianza de dominancia en dichos caracteres. Los coeficientes de variación aditiva fueron menores a 15 % en 13 de 14 caracteres y las heredabilidades oscilaron entre 20.35 y 88.39 %. El peso de la semilla (PSE) varió con la localidad y con la densidad de siembra y fue superior en la densidad uno en San Martín (PSE: D1=68 g-planta⁻¹, D2=62.09 g-planta⁻¹) y en la densidad dos en San Juan (PSE: D1=74.60 g-planta⁻¹, D2=78.40 g-planta⁻¹).

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: heredabilidad, dominancia, componentes de varianza, mejoramiento genético.

COMBINED SELECTION OF GENOTYPES OF PIPIANA SQUASH (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) IN THE MILPA SYSTEM

ABSTRACT

The present study was carried out with the purpose of generating information related to genetic improvement of pipiana squash, with the following objectives: to estimate, for 14 traits, the genetic parameters: mean, additive variance, dominance variance, heritability, coefficient of additive variation and phenotypic correlations, and to learn the effect of different plant densities in the agronomic performance of squash. The experiments were established in 2001 in Chapingo, Mexico, in two locations and at two plant densities per location: D1: 13,890 and D2: 9,260 plants-ha⁻¹ of squash in association with maize (50,000 plants-ha⁻¹) in alternating rows of each crop species. Results indicated that additive variance was of 15,184 for fruit weight and 35.98 for seed weight. When selection was practiced, dominance variance appeared. Additive variation coefficients were less than 15 % in 13 out of 14 studied characters, and heritabilities oscillated between 20.35 and 88.39 %. Seed weight (SW) varied with location and plant density, and it was higher at density one in San Martín (SW: D1=68 g-plant⁻¹, D2=62.09 g-plant⁻¹) and at density two in San Juan (SW: D1=74.60 g-plant⁻¹, D2=78.40 g-plant⁻¹).

ADDITIONAL KEY WORDS: heritability, dominance, variance components, plant breeding.

INTRODUCCIÓN

El género *Cucurbita* es originario del nuevo mundo donde han llegado a describirse 27 especies, pero los cambios taxonómicos han reducido tal número a un máximo de 15 (Nuez *et al.*, 2000), de las cuales sólo cuatro se cultivan en

México (*C. pepo*, *C. moschata*, *C. argyrosperma* y *C. ficifolia*) que comúnmente crecen en el "sistema milpa" interactuando con otras especies como maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), chile (*Capsicum annum* L.), jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), quelites (*Amaranthus* spp.) y verdolagas (*Portulaca oleracea*) (FIRA, 1998).

La diversidad genética en calabazas en forma, tamaño, color de fruto, calidad y tamaño de pulpa, tolerancia a enfermedades, precocidad y cantidad de semilla producida es muy amplia (Montes, 1991; Lira, 1995; Pérez *et al.*, 1997; Nuez *et al.*, 2000; Paris, 2002); sin embargo, existe poca información relacionada con el mejoramiento genético para la producción de semilla; además, dicha actividad se realiza por compañías especializadas en la producción de semillas, principalmente con fines de exportación, con rendimientos promedio de 0.5 hasta 1.0 t·ha⁻¹ (George, 1999).

Considerando que en el país existe una amplia diversidad genética de materiales de calabaza que pueden responder de manera satisfactoria a los métodos de mejoramiento genético tradicionales como son la selección y la hibridación, en la Universidad Autónoma Chapingo en México, a partir de 1996, se desarrolla un programa de mejoramiento genético de calabazas en el que se consideraron las diferentes especies cultivadas y, en el caso particular de *C. argyrosperma* se evalúan y seleccionan materiales a nivel experimental para detectar los que producen mayor cantidad de semilla (Sánchez *et al.*, 2000).

La presente investigación pretende generar información agronómica y de componentes genéticos en calabaza pipiana, por lo que se plantean como objetivos: estimar para 14 caracteres los parámetros genéticos: media, varianza aditiva y de dominancia, heredabilidad, coeficiente de variación aditiva y correlaciones fenotípicas en una población de calabaza pipiana seleccionada en diferentes ambientes en el sistema milpa y, conocer el efecto de diferentes densidades de siembra en el comportamiento agronómico de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del sitio experimental

El experimento se realizó durante 2001 en los lotes San Juan y San Martín del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, la cual se ubica a 19° 29' N y 98° 53' W, a 2,240 m de altura sobre el nivel del mar. El clima de la región es templado subhúmedo con un porcentaje de precipitación invernal, con respecto al total anual, inferior a 5 %, con poca oscilación térmica y marcha diaria de la temperatura tipo Ganges. En el mes de enero se registra la temperatura promedio más fría (11.8 °C) y en julio la más cálida (17.9 °C); la precipitación es de alrededor de 636.5 mm, y de junio a septiembre ocurren las lluvias más abundantes (García, 1988). El suelo de San Martín (Lote SM-8) es franco arcillo limoso con pH de 7.03, contenido de materia orgánica de 2.03 %, de la cual 0.115 % es nitrógeno total,

el contenido de fósforo (Olsen) es de 13.54 mg·kg⁻¹. La conductividad eléctrica de 0.482 ds·m⁻¹, una humedad del suelo a capacidad de campo de 22.26 % y un punto de marchitamiento permanente a 11.79 % (Ramos, 2000). En San Juan (Lote SJ-49) el suelo es franco arenoso con pH de 7.6, posee 0.89 % de materia orgánica, de la cual 0.15 % es nitrógeno total, el fósforo oscila entre 10 mg·kg⁻¹ y el potasio en 0.3 cmol·kg⁻¹. La conductividad eléctrica es de 0.108 ds·m⁻¹ y contiene 23.3 cmol·kg⁻¹ de calcio (Contreras y Pérez, 1998).

Material vegetal

La población de calabaza pipiana en estudio provino de una variedad local sembrada bajo condiciones de temporal en el estado de Morelos, México, la descripción sobre la metodología empleada en 1996 para la colecta y selección de frutos que constituyeron la población base para su mejoramiento *in situ* mediante selección familiar combinada de medios hermanos maternos (SFCMHM) durante 1997 y 1998, fue descrita por Sánchez *et al.* (2000). En 2001 la población en estudio se encontraba en el quinto ciclo de selección, ya que durante 1999 y 2000 se realizó selección masal en el sistema milpa en dicha población de calabaza, haciendo énfasis en la obtención de material con mayor producción de semilla.

Diseño de tratamientos y diseño experimental

Los experimentos se establecieron en dos localidades contrastantes (San Martín y San Juan) en siembra directa en las fechas 4 y 10 de marzo de 2001, respectivamente, bajo condiciones de riego. Se sembraron sólo 60 de las 120 familias de medios hermanos maternos (FMHM) derivadas de la población original en 1996, en el sistema milpa y evaluadas en dos densidades de siembra en el ciclo primavera-verano. Las familias de calabaza se intercalaron entre maíz (H-135 de PRONASE; 50,000 plantas·ha⁻¹), el cual se estableció en surcos separados a una distancia de 1.8 m y con separación entre matas de 0.30 m y tres plantas por mata. Así, el sistema quedó integrado por un surco de maíz y uno de calabaza; cada surco de calabaza (familia) con una longitud de 12 m de largo y con una distancia entre matas de 1.20 m. Además, cada 15 familias de calabaza se intercaló un surco del híbrido 'Zucchini Tala', material genéticamente uniforme, para cuantificar la variación ambiental existente en el terreno: en un surco de 12 m de largo se colocaron matas de tres (densidad uno; 111,000) y dos plantas (densidad dos; 74,000) para estar acorde con la distribución de familias de calabaza pipiana. La distancia entre matas en el híbrido fue de 0.30 m. El diseño experimental utilizado para cada localidad fue bloques completamente al azar con once repeticiones; las 60 familias fueron los tratamientos y cada mata (11) representó una repetición. La unidad experi-

mental fue una mata de tres (densidad uno; 13 890 plantas-ha⁻¹) y dos plantas (densidad dos; 9,260 plantas-ha⁻¹). El modelo lineal utilizado para estimar componentes de varianza en calabaza pipiana fue el mismo que se utilizó en la evaluación del híbrido 'Zucchini Tala'. La selección en una localidad se realizó entre y dentro de familias, la presión para la densidad uno fue: entre familias de 17 % (60x0.17=10 familias seleccionadas); mientras que dentro de familias fue de 18 % (33x0.18=6 mejores plantas). Las mejores seis plantas de las mejores 10 familias completaron 60 familias (frutos). En la densidad dos se aplicó una presión de selección de 20 (entre familias) y 23 % (dentro de familias), respectivamente; por lo que se eligieron las cinco mejores plantas de las mejores 12 familias para completar 60 frutos. Con lo anterior se aseguró tener material suficiente para continuar con el proceso de selección. Las presiones de selección variaron, debido a que el número de plantas por densidad fue distinto.

Caracteres estudiados

Peso de fruto (PFR; g), para el cual se pesó cada fruto; peso de semilla (PSE; g) se cuantificó extrayendo la semilla de los frutos antes pesados. Grosor de pulpa (GPU; cm), largo y ancho de fruto (LFR, AFR; cm) al igual que ancho y longitud de semilla (ASE y LSE; cm), en una muestra aleatoria de 10 semillas, se determinaron con una regla de 30 cm; grosor de pedúnculo (GPE; cm), se cuantificó empleando un vernier. Número de frutos por planta y por familia (NFR, NFF), se contabilizaron al momento de la cosecha. Días a floración masculina y femenina (DFM y DFF), se registraron cuando existía 50 % de plantas con flores expuestas; color de pulpa (CPU) en todos los frutos de cada población se registró empleando la escala siguiente: 1: anaranjado intenso, 2: amarillo intenso, 3: amarillo, 4: amarillo pálido, 5: amarillo verdoso, 6: verde pálido. Para sabor de pulpa (SPU) se degustó un pedazo de ésta de cada uno de los frutos y se calificó conforme la escala: 1: insípido, 2: medio agrio, 3: agrio, 4: dulce y 5: muy dulce. En el híbrido 'Zucchini Tala' se tomó una muestra de seis matas por surco en cada densidad de dos y tres plantas; según la densidad, para cuantificar: peso de fruto y de semilla (PFR, PSE; g). Largo y ancho de fruto (LFR, AFR; cm), grosor de pulpa (GPU, cm), al igual que longitud y ancho de semilla en una muestra aleatoria de 10 semillas (LSE, ASE; cm). En maíz se estudió altura de planta (AP; m) y altura a la mazorca (AMZ; m), además de mazorcas por hectárea (MZH). Humedad del grano (HUM), maíz sano (MS) y dañado (MD) en porcentaje. Rendimiento por parcela (RP) y por hectárea (RHA) en kg.

Análisis estadístico

El análisis de varianza conjunto se realizó ajustando un modelo para la evaluación de f familias (F), en una localidad

(L), d densidades (D) y r repeticiones en cada localidad (R/L) para datos por planta (P): $Y_{ijkp} = \mu + L_i + R_{r(i)} + F_j + D_k + (DF)_{kj} + (LF)_{ij} + (LD)_{ik} + (LFD)_{ijk} + E_{ijkp} + W_{(ijk)p}$. En este modelo: μ es la media general, L_i el efecto de la i -ésima localidad, $R_{r(i)}$ el de la r -ésima repetición dentro de la i -ésima localidad, F_j el de la j -ésima familia, D_k el de la k -ésima densidad, $(DF)_{kj}$ el de la interacción entre densidades y familias, $(LF)_{ij}$ interacción entre localidades y familias, $(LD)_{ik}$ interacción entre localidades y densidades, $(LFD)_{ijk}$ el de la interacción entre localidades familias y densidades, E_{ijkp} el error de la parcela, $W_{(ijk)p}$ el error intraparcelsar. El análisis de varianza por localidad en estudio se basó en el modelo: $Y_{ijrp} = \mu + R_r + D_i + F_j + (DF)_{ij} + E_{ijrp} + W_{(ijr)p}$, donde: Y_{ijrp} es el valor observado de la planta p en la r -ésima repetición de la j -ésima familia en la i -ésima densidad; m es la media general, R_r el efecto de la r -ésima repetición, D_i efecto de la i -ésima densidad, F_j efecto de la j -ésima familia, $(DF)_{ij}$ efecto de la interacción entre la densidad i y el efecto de la familia j , E_{ijrp} el error de la parcela y $W_{(ijr)p}$ el error intraparcelsar.

La forma del análisis de varianza empleado para el híbrido 'Zucchini Tala' para el combinado de localidades se basó en el modelo que representó la evaluación de una localidad (L), d densidades (D), s surcos (S) y m matas (M) o repeticiones para datos por planta (P): $Y_{ijkmp} = \mu + L_i + D_k + (LD)_{ik} + S_{j(ik)} + M_{m(ijk)} + P_{p(ijkm)}$. Donde: Y_{ijkmp} es el valor observado de la planta p en la mata m del j -ésimo surco de la k -ésima densidad en la i -ésima localidad; m es la media general, L_i el efecto de la i -ésima localidad, D_k la k -ésima densidad, $(LD)_{ik}$ la interacción entre localidades y densidades, $S_{j(ik)}$ el j -ésimo surco anidado en la k -ésima densidad de la i -ésima localidad, $M_{m(ijk)}$ el efecto de la mata m anidada en el j -ésimo surco de la k -ésima densidad en la i -ésima localidad, $P_{p(ijkm)}$ el error intraparcelsar. El análisis de varianza en el híbrido 'Zucchini Tala' para cada localidad correspondió al modelo: $Y_{ijmp} = \mu + D_i + S_{j(i)} + M_{m(ij)} + P_{p(ijm)}$. Donde: Y_{ijmp} es el valor observado de la planta p en la mata m del j -ésimo surco de la i -ésima densidad, m es la media general, D_i la i -ésima densidad, $S_{j(i)}$ efecto del j -ésimo surco anidado en la i -ésima densidad, $M_{m(ij)}$ la mata m anidada en el j -ésimo surco de la i -ésima densidad, $P_{p(ijm)}$ el error intraparcelsar.

Componentes de varianza

Para estimar componentes de varianza genética se utilizó la estructura de familias de medios hermanos maternos, siguiendo la metodología propuesta por Márquez y Sahagún (1994). Por este método se determinó la varianza genética aditiva (σ^2_A). Se intercaló el híbrido 'Zucchini Tala', para determinar la varianza ambiental dentro de parcelas (σ^2_{we}) y con ello poder estimar la varianza genética dentro de familias, que corresponde a $(3/4) \sigma^2_A + \sigma^2_D$, siendo esta última la varianza de dominancia. De esta manera la varianza aditiva se estimó con base en la relación

que tienen σ^2_A y la varianza entre familias (σ^2_F), lo que produce que el estimador de la varianza aditiva sea

$\hat{\sigma}^2_A = 4\hat{\sigma}^2_F$ (Márquez y Sahagún, 1994). El estimador

de la varianza de dominancia fue $\hat{\sigma}^2_D = \hat{\sigma}^2_W - \hat{\sigma}^2_{We} - (3/4)\hat{\sigma}^2_A$. ($\hat{\sigma}^2_W$ es la varianza fenotípica dentro de familias). Las estimaciones se realizaron a nivel de localidad y de combinación de localidades, suponiendo herencia diploide, dos alelos por locus, equilibrio de ligamiento en la población y ausencia de epistasias. La varianza aditiva se estimó como:

$$\hat{\sigma}^2_A = 4[(M_3 - M_6)/(ldpr)], \quad \hat{\sigma}^2_A = 4[(M_2 - M_4)/(dpr)]$$

para el combinado de localidades y por localidad, respectivamente, donde: M_3 y M_2 son los cuadrados medios (CM) de familias para el combinado y por localidad; M_6 y M_4 son el CM de LxF y del error parcelar; l fueron localidades, d densidades, r repeticiones y p plantas por densidad. La varianza de dominancia en promedio de localidades es:

$$\hat{\sigma}^2_D = [M_{10} - M_6^\Psi] - 3[(M_3 - M_6)/(ldpr)] \quad \text{y por localidad}$$

$$\hat{\sigma}^2_D = [M_5 - M_4^\Psi] - 3[(M_2 - M_4)/(dpr)], \quad \text{donde: } M_{10} \text{ y } M_5$$

son el cuadrado medio del error intraparcelar para el combinado y para cada localidad; M_6^Ψ , M_4^Ψ representan el cuadrado medio del error intraparcelar en el híbrido 'Zucchini Tala' para el combinado y por localidad. La varianza ambiental intraparcelar para el combinado se estimó con

base en $\hat{\sigma}^2_{We} = M_6^\Psi$ y en el de localidad fue con la fórmula:

$$\hat{\sigma}^2_{We} = M_4^\Psi. \quad \text{El coeficiente de variación genético aditivo}$$

se expresó como: $CVA = \sigma_A / \bar{x}$, donde σ_A es la desviación estándar aditiva y \bar{x} es la media del carácter. La heredabilidad en sentido estricto se estimó como el cociente de la varianza de familias (σ^2_F) y la fenotípica (σ^2_P) entre familias (Nyquist, 1991). En promedio de localidades fue:

$$\hat{h}^2 = [(M_3 - M_6)/(ldpr)] / [(M_3)/(ldpr)] \quad \text{y}$$

$$\hat{h}^2 = [(M_2 - M_4)/(ldpr)] / [(M_2)/(ldpr)] \quad \text{para cada localidad.}$$

La varianza fenotípica dentro de familias se representó como

$$\hat{\sigma}^2_W = M_{10} \quad (\text{Combinado}) \quad \text{y por localidad} \quad \hat{\sigma}^2_W = M_5.$$

La varianza fenotípica entre familias para el análisis

$$\text{combinado } \hat{\sigma}^2_P = [(M_3)/(ldpr)] \quad \text{fue y por localidad se}$$

$$\text{expresó con la fórmula: } \hat{\sigma}^2_P = [(M_2)/(dpr)].$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

En el análisis combinado se encontraron significancias estadísticas al 1 % para familias (F) en los catorce caracteres evaluados. Para localidades (L) y la interacción entre familias y densidades (FxD) hubo significancia en la mayoría de los caracteres con excepción de color de pulpa, mientras que el efecto de densidades (D) sólo fue significativo en seis caracteres. Por su parte, las interacciones entre localidades y familias (LxF) y localidades por densidad (LxD) resultaron significativas en diez y once caracteres, respectivamente (Cuadro 1).

El encontrar significancia estadística para familias indica que existe varianza aditiva (Peña *et al.*, 2002). Para cada localidad (San Martín y San Juan) se encontró significancia para familias en la totalidad de los caracteres estudiados. La falta de significancia en cuatro caracteres para la interacción LxF sugiere que los caracteres en los que esto ocurrió varían en proporción con las variaciones del ambiente (Moreno *et al.*, 2002). Las estimaciones de la varianza entre familias fueron positivas y significativas en los catorce caracteres en estudio. En las tres interacciones dobles (FxD, LxF y LxD) y en la interacción triple (LxFxD), se registraron estimaciones de naturaleza negativa y significativamente diferentes de cero (Cuadro 1). Los componentes de varianza por definición son positivos; no obstante, las estimaciones obtenidas con base en el análisis de varianza pueden ser negativas (por errores de muestreo, modelo genético y diseño experimental inadecuados) y al considerarlas como cero puede tener implicaciones cuando es necesario estimar una suma de componentes de varianza, ya que ésta es menor cuando se incluye el componente negativo que cuando se considera cero (Bridges y Knapp, 1987; Searle, 1971).

Medias y coeficientes de variación

El peso promedio de fruto (PFR) para el análisis combinado fue de 1,810 g-planta⁻¹; superior en 10.2 % en San Juan (SJ) (1,908 g) con relación a San Martín (SM) (1,712 g). El peso de la semilla en promedio de localidades fue de 70.70 g-planta⁻¹; de los cuales, SM registró 65 g, un 17.55 % menos de lo obtenido en SJ (76.48 g) (Cuadro 2). Los valores medios para otros caracteres, fueron: grosor de pulpa (2.33 cm) y de pedúnculo (2.64 cm), largo (13.43 cm) y ancho de fruto (17.25 cm), longitud (2.57 cm) y ancho de semilla (0.87 cm). Tales caracteres por localidad presentaron valores más bajos en SM (Cuadro 2). La localidad San Juan favoreció la expresión de la mayoría de los caracteres estudiados; no obstante que aportó una producción de maíz 55 % inferior (1,457 kg·ha⁻¹) a SM (3,243 kg·ha⁻¹). El mayor rendimiento de calabaza en la localidad de SJ se atribuye a una mayor entrada de luz que le dejó pasar el maíz ya que allí la altura de planta fue de 1.72 m y en SM fue de 2.47 m (Cuadro 3). Además SJ tuvo una menor fertilidad de suelo (0.89 % de materia orgánica) comparada

CUADRO 1. Cuadrados medios (primera hilera) y estimaciones de componentes de varianza (segunda hilera) de 14 caracteres en una población de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*). Análisis combinado de dos localidades. Chapingo, México, 2001.

Carácter	L	R(L)	F	D	FxD	LxF	LxD	LxFxD	E	W
NFR	157.91**	0.56*	1.95**	68.29**	1.346**	0.81**	14.92**	0.48*	-	0.533
	0.083	0.0004	0.0108	-0.0116	0.013	0.008	0.05	0.04	-0.053	0.391
NFF	21540.67**	19.96**	488.32**	1528.5**	234.47**	119.52**	1414.5**	137.94**	-	0.70
	20.184	0.00	3.4924	-1.745	0.260	-2.134	4.955	16.86	-1.617	0.622
PFR	46461184**	667205**	686247**	78252	424276**	285404	1237077*	265573	233954	280998
	42495	3985	3795.86	112.35	1246.8	2936.3	-343.87	4555.6	218779	44820
GPE	99.94**	0.53	1.34**	3.06*	0.79**	0.66**	2.20*	0.53*	0.368	0.392
	0.090	0.0009	0.0064	0.004	0.006	0.010	-0.001	0.0125	0.377	0.012
LFR	330.55**	16.83**	82.84**	3.94	13.14*	9.61	3.79	15.19**	7.59	11.07
	0.278	0.018	0.6935	0.004	-0.092	0.048	-0.022	0.231	7.71	2.33
AFR	1535.38**	19.95**	21.07**	0.62	10.43*	9.78	31.81*	7.73	6.73	8.19
	1.421	0.114	0.1069	-0.013	0.143	0.248	0.006	-0.165	6.63	1.11
GPU	19.08**	0.54**	0.59**	2.34**	0.46**	0.43**	0.15	0.35*	0.216	0.266
	0.016	0.003	0.0015	0.003	0.005	0.011	-0.0005	0.0022	0.225	0.025
CPU	0.02	1.93	3.44**	0.72	2.14	2.74**	3.08	3.60**	1.77	1.65
	0.0006	0.001	0.0066	0.0017	-0.126	-0.077	-0.007	0.286	1.761	-0.082
SPU	17.33**	2.15	3.82**	6.37	6.01**	2.59**	15.58**	5.36**	1.70	2.03
	0.016	-0.001	0.0116	0.005	-0.167	-0.278	-0.005	0.627	1.661	0.213
LSE	11.39**	0.15**	0.24**	0.18	0.11**	0.10**	0.42*	0.09*	0.06	0.07
	0.010	0.0005	0.0013	-0.0003	-0.0007	0.0008	0.0004	0.0028	0.064	0.008
ASE	0.034*	0.012*	0.0326**	0.0011	0.0128**	0.0107	0.065**	0.016**	0.007	0.008
	-	-	0.0002	-0.00005	-0.00009	-0.0003	0.00007	0.0005	0.008	0.0009
PSE	70625.91**	2930.44**	2349.26**	241.97	2385.29**	1399.38**	14962**	1269.10*	843.9	1051.7
	56.44	17.34	8.9951	-9.779	-1.80	-11.34	13.90	84.12	833.70	144.21
DFM	10.96**	0.51**	8.48**	29.26**	7.33**	5.33**	8.72**	6.43**	-	0.002
	0.003	0.00	0.0298	0.0008	-0.088	-0.064	0.0027	0.872	0.007	0.0017
DFF	33.14**	0.54**	19.61**	0.75**	15.32**	10.93**	0.014**	6.15**	-	0.02
	0.007	-	0.0822	0.010	0.132	0.176	-0.015	0.942	0.052	0.02

L: Localidad; R(L): Repeticiones dentro de localidades; F: Familia; D: Densidad; FxD: Familia por densidad; LxF: Localidad por familia; LxD: Localidad por densidad; LxFxD: Localidad por familia por densidad; E: Error parcelar; W: Error intraparcelar; NFR: Número de frutos por planta; NFF: Número de frutos por familia; PFR: Peso de fruto (g); GPE: Grosor de pedúnculo (cm); LFR: Largo de fruto (cm); AFR: Ancho de fruto (cm); GPU: Grosor de pulpa (cm); CPU: Color de pulpa; SPU: Sabor de pulpa; LSE: Longitud de semilla (cm); ASE: Ancho de semilla (cm); PSE: Peso de semilla (g); DFM: Días a floración masculina; DFF: Días a floración femenina; *,**: Significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01.

con SM (2.03 %) y por ende favoreció menos la producción de maíz que la de calabaza. La densidad de 13,890 superó a la de 9,260 plantas-ha⁻¹ en siete de 14 caracteres estudiados en SM. El peso de fruto en San Juan no estuvo influenciado por las densidades, ya que estadísticamente se comportó igual. No obstante, peso de semilla estuvo influenciado por el ambiente y en SM fue mayor en 9.5 % en D1 (68 g-planta⁻¹) que en D2 (62.09 g-planta⁻¹). En San Juan se registró un peso de semilla superior en 5 % en D2 (78.4 g-planta⁻¹) en relación con D1 (74.6 g-planta⁻¹) (Cuadro 2).

El menor coeficiente de variación se registró en precocidad (DFM=1.25 %) y el más alto en sabor de pulpa (44.95 %) (Cuadro 2). Éstos son adecuados si se comparan con los de otros estudios sobre evaluación de genotipos de calabaza en *C. moschata* Duch, donde los CV oscilaron desde 11.45 (ancho de semilla) hasta 99.92 % para rendimiento de frutos por planta (Ríos *et al.*, 1996).

CUADRO 3. Valores promedio de ocho caracteres en el híbrido de maíz H-135 para las localidades San Martín, San Juan y el combinado de las anteriores. Chapingo, México, 2001.

Carácter	San Martín	San Juan	Combinado
AP	2.47	1.72	2.10
AMZ	1.38	1.02	1.20
MZH	32725.00	20986.00	26855.00
HUM	34.14	32.83	33.48
MS	47.00	65.00	56.00
MD	53.00	35.00	44.00
RP	7.01	3.14	5.08
RHA	3243.00	1457.00	2350.00

AP: Altura de planta (m); AMZ: Altura a la mazorca (m); MZH: Mazorcas por hectárea; HUM: Humedad del grano (%); MS: Maíz sano (%); MD: Maíz dañado o podrido (%); RP: Rendimiento por parcela (kg); RHA: Rendimiento por hectárea (kg); Nota: Se sembró 50,000 plantas de maíz por hectárea en cada localidad.

CUADRO 2. Valores medios y coeficientes de variación en 14 caracteres de una población de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) para San Martín y San Juan. Chapingo, Méx., 2001.

Carácter	San Martín			San Juan			COMB		CV (%)	
	D1	D2	Media	D1	D2	Media	SM-SJ	SM	SJ	COMB
NFR ^y	1.29 a	1.27 b	1.28	1.86 a	1.64 b	1.75	1.52	22.48	27.81	27.90
NFF	6.81 b	6.85 a	6.83	14.66 a	12.50 b	13.59	10.20	36.36	29.19	36.58
PFR	1744 a	1680 b	1712	1901 a	1917 a	1908	1810	25.00	26.40	26.72
GPE	2.50 a	2.34 b	2.42	2.85 a	2.84 a	2.85	2.64	21.14	22.11	22.45
LFR	13.07a	13.04 a	13.05	13.84 a	13.76 a	13.81	13.43	21.40	19.85	20.34
AFR	16.54a	16.26 a	16.40	18.02 a	18.21 a	18.10	17.25	14.73	14.62	14.79
GPU	2.27 a	2.20 b	2.24	2.45 a	2.39 b	2.42	2.33	19.60	19.44	19.66
CPU	3.20 a	3.22 a	3.21	3.21 a	3.16 a	3.19	3.20	41.41	41.70	41.70
SPU	2.95 a	2.61 b	2.78	2.96 a	2.96 a	2.96	2.87	44.52	44.49	44.95
LSE	2.50 a	2.48 a	2.50	2.62 b	2.66 a	2.64	2.57	10.36	9.53	9.74
ASE	0.87 a	0.85 b	0.86	0.87 a	0.87 a	0.87	0.87	9.89	9.83	9.78
PSE	68.0 a	62.09 b	65.0	74.60 b	78.40 a	76.48	70.70	39.00	39.11	39.98
DFM	88.1 b	88.28 a	88.17	87.90 b	88.17 a	88.02	88.00	0.82	0.73	1.25
DFF	93.1 b	93.23 a	93.17	92.93 b	93.10 a	93.02	93.00	0.88	0.88	1.38

D1: Densidad uno (13 890 plantas-ha⁻¹); D2: Densidad dos (9,260 plantas-ha⁻¹); COMB: Combinado; CV: Coeficiente de variación; SM: San Martín; SJ: San Juan; ^yNFR: Número de frutos por planta; NFF: Número de frutos por familia; PFR: Peso de fruto (g); GPE: Grosor de pedúnculo (cm); LFR: Largo de fruto (cm); AFR: Ancho de fruto (cm); GPU: Grosor de pulpa (cm); CPU: Color de pulpa; SPU: Sabor de pulpa; LSE: Longitud de semilla (cm); ASE: Ancho de semilla (cm); PSE: Peso de semilla (g); DFM: Días a floración masculina; DFF: Días a floración femenina.

^aValores con la misma letra dentro de hileras para D1 y D2 son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

Varianza genética aditiva (σ^2_A) y coeficiente de variación genética aditiva (CVA)

En el análisis combinado se encontró que el peso de fruto ($\text{PFR } \hat{\sigma}^2_A = 15, 184$) y de semilla ($\text{PSE } \hat{\sigma}^2_A = 35.98$) (Cuadro 4) tuvieron una varianza genética aditiva menor en 90 % a las obtenidas por Sánchez *et al.* (2000) ($\text{PFR } \hat{\sigma}^2_A = 236\,948$; $\text{PSE } \hat{\sigma}^2_A = 1,307$) en *C. argyrosperma* en el primer ciclo de SCFMHM. En concordancia con lo anterior, Meneses *et al.* (2002) estimó en *C. pepo* L., en el primer ciclo de SCMHM valores aditivos de $\text{PSE} = 6\,223$, los cuales disminuyeron en 55 % ($\text{PSE } \hat{\sigma}^2_A = 2,818$) hacia el segundo ciclo de selección. En el análisis por localidad se obtuvo información distinta de la variación genética aditiva para peso de fruto (San Juan $\hat{\sigma}^2_A = 27\,418$; San Martín $\hat{\sigma}^2_A = 9,633$) y de semilla (San Juan $\hat{\sigma}^2_A = 92$; San Martín $\hat{\sigma}^2_A = 55.08$), los cuales disminuyeron 65 y 40 % al pasar de una localidad de evaluación a otra (Cuadro 5).

Otros caracteres en los que se realiza comparación de variación aditiva, según el estudio realizado por Sánchez *et al.* (2000) (dato uno) y el análisis conjunto en 2001 (dato dos; Cuadro 4) son: grosor de pulpa ($\hat{\sigma}^2_A = 0.36, 0.006$) largo de fruto ($\hat{\sigma}^2_A = 22.47, 2.77$), grosor de pedúnculo

($\hat{\sigma}^2_A = 1.20, 0.03$), longitud ($\hat{\sigma}^2_A = 0.028, 0.005$), y ancho

de semilla ($\hat{\sigma}^2_A = 0.004, 0.0008$). Dicha información indica valores de variación aditiva más bajos; ya que la comparación es en las mismas unidades para cada carácter, en más de 50 % en la variedad que ha estado sometida a un proceso de mejoramiento durante cinco ciclos de selección, con relación a la que se sometió sólo a un ciclo de selección combinada, probablemente porque en la población en estudio se han modificado las frecuencias alélicas y con ello se indujo una reducción muy marcada de la varianza genética aditiva. Por localidad, San Juan siempre presentó valores genéticos aditivos ($\hat{\sigma}^2_A$) por carácter superiores a los encontrados en el ambiente San Martín (Cuadro 5).

Las estimaciones de varianza aditiva tienen sentido cuando se comparan contra las de otras poblaciones en ambientes similares debido a que el uso de sus valores absolutos puede conducir a interpretaciones erróneas; en todo caso, es preferible comparar los coeficientes de variabilidad genética aditiva (CVA), sobre todo, cuando se pretende comparar la varianza de diferentes caracteres (Molina, 1992). En este sentido, los CVA encontrados para el análisis combinado indican que existe menor variabilidad genética aditiva en los caracteres DFM, DFF, LSE, ASE, AFR, GPU, CPU, GPE que en PFR, LFR, PSE, SPU, NFR y NFF, lo cual significa que es más fácil obtener avances por selección en el segundo grupo de caracteres, ya que en el primero la selección ha reducido la varianza aditiva y el CVA (Cuadros 4 y 5).

CUADRO 4. Parámetros genéticos estimados para 14 caracteres en calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*). Análisis combinado de dos localidades y dos densidades. Chapingo, México, 2001.

Carácter	\bar{X}	CV (%)	$\hat{\sigma}^2_A$	CVA (%)	\hat{h}^2	$\hat{\sigma}^2_D$
NFR	1.52	27.90	0.0432	13.67	58.46	-
NFF	10.20	36.58	13.9696	36.64	75.52	-
PFR	1810	26.72	15184.0	6.81	58.41	138331
GPE	2.64	22.45	0.0256	6.06	50.74	-
LFR	13.43	20.34	2.7740	12.40	88.39	1.60
AFR	17.25	14.79	0.4276	3.79	53.58	6.75
GPU	2.33	19.66	0.006	3.32	27.12	0.16
CPU	3.20	41.70	0.0264	5.08	20.35	-
SPU	2.87	44.95	0.0464	7.51	32.20	-
LSE	2.57	9.74	0.0052	2.81	58.33	0.06
ASE	0.87	9.78	0.0008	3.25	67.18	0.005
PSE	70.70	39.98	35.9804	8.48	40.43	695
DFM	88.00	1.25	0.1192	0.39	37.15	-
DFF	93.00	1.38	0.3288	0.62	44.26	-

\bar{X} : Media; CV: Coeficiente de variación; $\hat{\sigma}^2_A$: Estimador de varianza aditiva; CVA: Coeficiente de variación genética aditiva; \hat{h}^2 : Estimador de heredabilidad (%); $\hat{\sigma}^2_D$: Estimador de varianza de dominancia; NFR: Número de frutos por planta; NFF: Número de frutos por familia; PFR: Peso de fruto (g); GPE: Grosor de pedúnculo (cm); LFR: Largo de fruto (cm); AFR: Ancho de fruto (cm); GPU: Grosor de pulpa (cm); CPU: Color de pulpa; SPU: Sabor de pulpa; LSE: Longitud de semilla (cm); ASE: Ancho de semilla (cm); PSE: Peso de semilla (g); DFM: Días a floración masculina; DFF: Días a floración femenina.

CUADRO 5. Parámetros genéticos estimados en 14 caracteres de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) para las localidades San Martín (SM) y San Juan (SJ). Chapingo, México, 2001.

Carácter	\bar{X}		CV (%)		$\hat{\sigma}^2_A$		CVA (%)		\hat{h}^2		$\hat{\sigma}^2_D$	
	SM	SJ	SM	SJ	SM	SJ	SM	SJ	SM	SJ	SM	SJ
NFR	1.28	1.75	22.48	27.81	0.032	0.16	14.0	22.85	41.41	63.96	-	-
NFF	6.83	13.59	36.36	29.19	5.76	14.68	35.1	28.19	14.21	20.72	-	-
PFR	1712	1908	25.00	26.40	9633	27418	5.73	8.68	41.51	51.26	72298	83098
GPE	2.42	2.85	21.14	22.11	0.04	0.064	8.26	8.87	57.83	66.67	-	-
LFR	13.05	13.81	21.40	19.85	1.16	4.36	8.25	15.12	62.36	82.46	0.77	0.66
AFR	16.40	18.10	14.73	14.62	0.37	0.80	3.69	4.94	41.67	54.47	4.03	5.67
GPU	2.24	2.42	19.60	19.44	0.016	0.024	5.65	6.40	46.81	55.00	0.05	0.14
CPU	3.21	3.19	41.41	41.70	0.028	0.208	5.21	14.29	17.22	63.43	-	-
SPU	2.78	2.96	44.52	44.49	0.04	0.16	7.19	13.50	21.67	48.54	-	-
LSE	2.50	2.64	10.36	9.53	0.0052	0.0104	2.88	3.86	50.00	66.67	0.06	0.05
ASE	0.86	0.87	9.89	9.83	0.0008	0.0012	3.29	3.98	50.00	66.67	0.004	0.004
PSE	64.93	76.48	39.00	39.11	55.08	92.00	11.4	12.54	49.35	49.47	200	566
DFM	88.17	88.02	0.82	0.73	0.96	0.64	1.11	1.00	45.17	47.07	-	-
DFF	93.17	93.02	0.88	0.88	1.96	1.56	1.50	1.34	51.22	52.97	-	-

\bar{X} : Media; CV: Coeficiente de variación; $\hat{\sigma}^2_A$: Estimador de varianza aditiva; CVA: Coeficiente de variación genética aditiva; \hat{h}^2 : Estimador de heredabilidad (%); $\hat{\sigma}^2_D$: Estimador de varianza de dominancia; NFR: Número de frutos por planta; NFF: Número de frutos por familia; PFR: Peso de fruto (g); GPE: Grosor de pedúnculo (cm); LFR: Largo de fruto (cm); AFR: Ancho de fruto (cm); GPU: Grosor de pulpa (cm); CPU: Color de pulpa; SPU: Sabor de pulpa; LSE: Longitud de semilla (cm); ASE: Ancho de semilla (cm); PSE: Peso de semilla (g); DFM: Días a floración masculina; DFF: Días a floración femenina.

De esta manera, se esperaría que la selección al reducir la varianza genética aditiva redujera también el CVA en aquellos caracteres en lo que esto suceda. Así, sólo con fines de tener un indicador para el CVA se presentan los valores estimados por Sánchez *et al.* (2000) en calabaza para el ciclo uno de SFCMHM (dato uno) y el valor del análisis combinado de 2001 (Cuadro 4). Caracteres

importantes de rendimiento presentan CVA menores en más del 50 % con relación a los preexistentes. El peso de fruto tuvo un valor de CVA menor en 86 % (93.18, 6.81 %) y peso de semilla fue más bajo en 78.81 % (87.29, 8.48 %). Otros caracteres en los que se comparó el CVA son: largo (40.2, 12.4 %) y ancho de fruto (14.48, 3.79 %), además del grosor de la pulpa (28.08, 3.32 %). Lo que

indica que en poblaciones donde se han realizado varios ciclos de selección, como en el caso de la población en estudio (con cinco ciclos) se reduce el coeficiente de variación aditiva; esto, comparado con poblaciones en las que el mejoramiento por selección apenas comenzaba a practicarse. La información derivada del análisis conjunto se explica porque el mejoramiento genético en calabaza pipiana desde que se colectó la variedad original (1996) tuvo como objetivo central la obtención de materiales con mayor producción de semilla, pero en el proceso de selección de los mejores genotipos *in situ* y *ex situ*, se aplicó una alta presión de selección tomando los frutos con mayor cantidad de semilla, razón por la cual se generó una disminución de la variación genética aditiva y con ello se tuvo una reducción del CVA. Meneses *et al.* (2002) encontró que en *C. pepo* L. el peso del fruto (41.2, 42 %) y el de la semilla (80.9, 71.8 %) fueron los caracteres que presentaron la mayor variabilidad genética en dos ciclos de SCMHM. El hecho de que en el presente estudio LSE (2.81 %) y ASE (3.25 %) sean caracteres con valores bajos de CVA (Cuadro 4) indica que los agricultores los han seleccionado implícitamente en la especie al escoger los frutos con mayor producción de semilla.

Varianza de dominancia

Los valores de la varianza de dominancia fueron altos y positivos para el peso de fruto ($\hat{\sigma}^2_D = 138\ 331, 72\ 298, 83\ 098$) y de la semilla ($\hat{\sigma}^2_D = 695, 200, 566$) para los análisis: combinado (dato uno), San Martín (datos dos) y San Juan (dato tres). Los caracteres de semilla como longitud ($\hat{\sigma}^2_D = 0.06, 0.06, 0.05$) y ancho ($\hat{\sigma}^2_D = 0.005, 0.004, 0.004$); y el grosor de la pulpa ($\hat{\sigma}^2_D = 0.16, 0.05, 0.14$), tuvieron varianzas de dominancia menores a las encontradas en el peso de fruto y de la semilla, antes indicados (Cuadros 4 y 5). Estos resultados pudieran atribuirse a que en cinco ciclos de selección a los que se ha sometido la especie se ha aprovechado de manera importante la varianza genética aditiva, ocasionando una reducción de la misma y aumentando los valores de dominancia, los cuales no se habían cuantificado en la variedad original (1996) y en los dos ciclos de SFCMHM que se realizaron previamente (1997 y 1998) no se reportó varianza de dominancia, lo que destaca la importancia de la información encontrada en este estudio. Ayala (2002) estimó para peso seco de semilla valores de dominancia que representaron 19.3 % de la varianza genética total en una población de *C. pepo* L.

Heredabilidad

La estimación de heredabilidad en los catorce caracteres en estudio, según el análisis combinado osciló entre 20 y 88 % (Cuadro 4). Los caracteres de fruto (largo,

ancho y peso) oscilaron entre 54 y 88 % y los de semilla (longitud, ancho y peso) anduvieron entre 40 y 67 %, lo que indica que por ser una especie productora de semilla ha logrado mantener dichas características por efecto del mejoramiento genético empírico que han realizado en ella los agricultores a lo largo del tiempo. Por localidad las heredabilidades fueron diferentes y tuvieron valores más altos en San Juan que en San Martín (Cuadro 5), atribuido a que en esa localidad también se tuvieron valores de varianza aditiva mayores. Al respecto, Falconer (1989) señaló que la magnitud de la varianza aditiva mantiene una relación directa con el parecido entre parientes y es, por tanto, el principal determinante de las propiedades genéticas de la población y de la respuesta de ésta a la selección y, además, es la única componente que puede ser estimada directamente a partir de las observaciones hechas en la población.

Ayala (2002) reportó heredabilidades altas para peso de fruto (PFR=75.23, 55.54 %) y de semilla (PSE=71.56, 57.91 %) en una especie de calabaza que se encontraba en el cuarto y quinto ciclos de SFCMHM. Así, en calabaza el peso del fruto y de la semilla han sido los componentes agronómicos más importantes del rendimiento y con base en ellos el agricultor realiza la elección de los mejores materiales que establecerá en campo de un ciclo de cultivo a otro. En Chile (*Capsicum annuum* L.) el peso de fruto registró una estimación de heredabilidad de $h^2=0.97$ y un coeficiente de variación alto (CV=50 %) por lo que se piensa que existe un efecto ambiental pequeño y una proporción de variación genética aditiva alta, con relación en la variación fenotípica total de éste carácter (Chaim y Paran, 2000). No obstante lo anterior, en el presente estudio, tanto la varianza aditiva estimada como la heredabilidad pudieran estar sobreestimadas, ya que la evaluación de familias de medios hermanos obtenidas de un lote de polinización libre sobreestima la varianza fenotípica por contener alguna proporción de hermanos completos (Nyquist, 1991).

Calidad de fruto

La calidad del fruto en el año 2001 fue mejor en la localidad San Juan, la cual también presentó una mayor producción de calabaza, y tuvo 8.5 % de colores deseables (naranjas); 5.33 % más de lo observado en San Martín (3.17 %) y el color verde pálido fue similar en las dos localidades con 15.3 %; el color amarillo con distintas tonalidades fue el que más apareció en los dos sitios de estudio (Cuadro 6). Por otro lado, se registraron sabores de la pulpa agradables; dulces principalmente en 36 % para el combinado; aunque se pudo constatar que el ambiente de producción tuvo un efecto marcado sobre el sabor de la pulpa, ya que en San Juan se encontró sabores dulces en 39.12 % y muy dulces en 14.46 %, valores que disminuyeron en San Martín con 33.05 % (dulces) y 9.27 % (muy dulces) (Cuadro 6). Atribuido a que en San Juan se tuvo una mayor entrada de luz con relación a San Martín, ya que en el primer ambiente se favoreció más la producción

de calabazas que la de maíz como se indicó anteriormente. Aunque, en *C. argyrosperma* las abejas del género *Peponapis*, eficientes vectores de polen, explican parcialmente la distribución anómala del sabor desagradable de los frutos (Hugh *et al.*, 1994).

CUADRO 6. Frecuencias de color y sabor de pulpa de fruto para una población de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) para las localidades San Martín, San Juan y el combinado de las anteriores. Chapingo, México, 2001.

	San Martín	San Juan	Combinado
Color de pulpa (%)			
Anaranjado intenso	3.17	8.53	5.85
Amarillo intenso	13.05	13.33	13.19
Amarillo	18.05	16.85	17.45
Amarillo pálido	23.78	20.72	22.25
Amarillo verdoso	26.58	25.24	25.91
Verde pálido	15.37	15.33	15.35
Sabor de pulpa (%)			
Insípido	29.38	28.58	28.98
Medio agrio	19.52	14.64	17.08
Agrio	8.80	3.20	6.00
Dulce	33.05	39.12	36.08
Muy dulce	9.27	14.46	11.87

Correlaciones fenotípicas

La utilidad de las correlaciones en este contexto radica en la posibilidad de estimar el efecto que tiene la selección con base en un carácter sobre otros caracteres, además de permitir hacer selección indirecta (Falconer, 1989). De esta manera, la correlación fenotípica entre peso de semilla

(PSE) con nueve de los quince caracteres en estudio fue alta positiva y significativa. Entre las más sobresalientes se encuentran aquellas de PSE con PFR ($r=0.75^{**}$), AFR ($r=0.67^{**}$), LSE ($r=0.56^{**}$), GPE ($r=0.51^{**}$) y GPU ($r=0.50^{**}$) (Cuadro 7), lo que indica que frutos más pesados y más anchos tienen mayor cantidad de semilla. Semillas más largas y pulpas más gruesas aportan mayor rendimiento en peso de la semilla, debido a que una pulpa gruesa ayuda en el periodo de postmaduración de las semillas y un pedúnculo más grueso es un indicador de más semilla en los frutos. El peso de fruto (PFR) se asoció con diez caracteres, sobresaliendo la correlación con AFR ($r=0.87^{**}$), GPU ($r=0.67^{**}$), LSE ($r=0.63^{**}$), GPE ($r=0.62^{**}$) y LFR ($r=0.54^{**}$). Los DFM y DFF se asociaron entre sí ($r=0.50^{**}$) (Cuadro 7).

Berenji y Papp (2000) reportaron en *Cucurbita pepo* L. una correlación intermedia entre PFR y PSE ($r=0.57^{**}$) y una correlación alta entre PFR y cantidad de pulpa por fruto ($r=0.99^{**}$). Señalaron que para aumentar el rendimiento es altamente deseable mejorar la polinización y con ello incrementar el número de semillas por fruto, que estén bien llenas y sean de gran tamaño. Con relación a la pulpa del fruto, dichos autores argumentaron que los agricultores requieren cultivares de calabaza con frutos grandes, pesados y con elevadas cantidades de pulpa; los cuales son de gran utilidad en la alimentación de ganado, por lo que se utilizará el fruto entero sin remover sus semillas; ya que éstas podrían mejorar la calidad nutritiva del forraje.

CONCLUSIONES

Los caracteres con mayor varianza aditiva en calabaza pipiana, según el análisis combinado de dos localidades y dos densidades fueron: peso de fruto (15 184), peso de

CUADRO 7. Coeficientes de correlación fenotípica en 14 caracteres de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*). Análisis conjunto de dos localidades y dos densidades. Chapingo, México, 2001.

Carácter	NFF	PFR	GPE	LFR	AFR	GPU	CPU	SPU	LSE	ASE	PSE	DFM	DFF
NFR	0.50**	0.07**	0.05**	0.02	0.07**	0.08**	-0.01	0.03	0.06	-0.01	0.03	-0.10	-0.08
NFF		0.14**	0.12*	0.03	0.17**	0.12**	-0.001	0.03	0.14**	0.01	0.10**	-0.17*	-0.1**
PFR			0.62**	0.54**	0.87**	0.67**	-0.17*	0.22**	0.63**	0.35**	0.75**	-0.05	-0.05
GPE				0.27**	0.61**	0.46**	-0.12*	0.17**	0.43**	0.19**	0.51**	-0.06	-0.03
LFR					0.20**	0.16**	-0.04	0.10**	0.28**	0.22**	0.35**	-0.06	-0.06
AFR						0.73**	-0.17*	0.23**	0.68**	0.34**	0.67**	-0.04	-0.04
GPU							-0.16*	0.21**	0.45**	0.23**	0.50**	-0.03	-0.05
CPU								-0.5**	-0.01*	-0.01*	-0.1**	-0.03	0.02
SPU									0.14**	0.07**	0.09**	0.03	-0.03
LSE							0.0004			0.46**	0.56**	-0.05*	0.01
ASE											0.30**	-0.01	-0.03
PSE												0.01	-0.01
DFM													0.50**

NFR: Número de frutos por planta; NFF: Número de frutos por familia; PFR: Peso de fruto (g); GPE: Grosor de pedúnculo (cm); LFR: Largo de fruto (cm); AFR: Ancho de fruto (cm); GPU: Grosor de pulpa (cm); CPU: Color de pulpa; SPU: Sabor de pulpa; LSE: Longitud de semilla (cm); ASE: Ancho de semilla (cm); PSE: Peso de semilla (g); DFM: Días a floración masculina; DFF: Días a floración femenina. *, **: Significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

semilla (35.98), largo (2.77), ancho de fruto (0.42) y número de frutos por familia (13.97). La varianza de dominancia fue de mayor importancia en peso de fruto y de semilla. Los coeficientes de variación genética aditiva (CVA) fueron menores a 15 % en trece de catorce caracteres estudiados y las heredabilidades oscilaron entre 20.35 y 88.39 %.

Los coeficientes de correlación fenotípica altos y positivos para peso de semilla fueron con peso de fruto ($r=0.75^{**}$), ancho de fruto ($r=0.67^{**}$), longitud de semilla ($r=0.56^{**}$) y grosor de pedúnculo ($r=0.51^{**}$). El peso medio de fruto fue de 1,810 g-planta⁻¹ y el grosor de pulpa de 2.33 cm. Mientras que la producción media de semilla fue de 70.70 g-planta⁻¹. Longitud de semilla registró 2.57 cm y ancho de semilla 0.87 cm; además, largo y ancho de fruto promediaron 13.43 y 17.25 cm, respectivamente. La frecuencia de frutos con pulpa dulce osciló en 36.08 %; mientras que los frutos con pulpa agria anduvieron en 6 % y grosor de pedúnculo promedió 2.64 cm.

El peso de la semilla (PSE) estuvo influenciado por la densidad de siembra y fue estadísticamente superior en la densidad uno (13,890 plantas-ha⁻¹) en San Martín (PSE: D1=68 g-planta, D2=62.09 g-planta⁻¹) y en la densidad dos (9,260 plantas-ha⁻¹) en San Juan (PSE: D1=74.60 g-planta⁻¹, D2=78.40 g-planta⁻¹). Entre localidades San Juan (76.48 g-planta⁻¹) produjo 17.7 % más de semilla. Dicho ambiente favoreció el rendimiento de calabaza en la mayoría de los caracteres estudiados; atribuido a que generó una producción de maíz menor en 55 % (1 457 kg-ha⁻¹; altura de planta de maíz 1.72 m) que en San Martín (3 243 kg-ha⁻¹; altura de planta de maíz 2.47 m).

LITERATURA CITADA

- AYALA E., J. A. 2002. Cambios ocasionados en los parámetros genéticos por la selección participativa en una variedad local de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) tipo 'Round Zucchini'. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 156 p.
- BERENJI, J.; PAPP, D. 2000. Interrelations among fruit and seed characteristics of oil pumpkin. *Acta Horticulturae* 510: 101-104.
- BRIDGES, W. C.; KNAAP, S. J. 1987. Probabilities of negative estimates of genetic variances. *Theoretical and Applied Genetics*. 74: 269-274.
- CHAIM, A. B.; PARAN, I. 2000. Genetic analysis of quantitative traits in pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of the American Society for Horticultural Science* 125(1): 66-70.
- CONTRERAS H., O.; PÉREZ A., C. 1998. Diagnóstico biológico y químico del estado de la fertilidad del suelo de la tabla agrícola "San Juan" del CAE de la UACH. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 94 p.
- FALCONER, D. S. 1989. Introducción a la Genética Cuantitativa. Traducido del inglés al español por Fidel Márquez Sánchez. Segunda edición. Compañía Editorial Continental. D. F., México. 383 p.
- FIRA. 1998. Oportunidades de desarrollo del maíz mexicano: Alternativas de Competitividad 30(309): 1-88.
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlos a las Condiciones de la República Mexicana. 4ª. Ed. UNAM, D. F., México 217 p.
- GEORGE, R.A.T. 1999. Vegetable Seed Production. Second Ed. CABI Publishing. USA. 328 p.
- HUGH, D. W.; LIRA, R.; RODRÍGUEZ, I. 1994. Crop/weed gene flow: *Cucurbita argyrosperma* Huber and *C. fraterna* L. H. Bailey (Cucurbitaceae). *Economic Botany* 48(3): 293-300.
- LIRA S., R. 1995. Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las Cucurbitaceae latinoamericanas de importancia económica. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Gene Pools. 9. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 281 p.
- MÁRQUEZ S., F.; SAHAGÚN C., J. 1994. Estimation of genetic variances with maternal half-sib families. *Maydica* 39: 197-201.
- MENESES M., I.; VILLANUEVA V., C.; SAHAGÚN C., J.; ROQUE V., T.; MERRICK, C. L. 2002. Componentes de varianza genética y respuesta a la selección combinada en calabaza (*Cucurbita pepo* L.) bajo el sistema milpa. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8(1): 5-23.
- MOLINA G., J. D. 1992. Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa (Algunas Implicaciones en Genotecnia). AGT Editor. D. F., México. 349 p.
- MONTES H., S. 1991. Calabazas (*Cucurbita* spp.), pp. 239-250. In: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México. ORTEGA P., PALOMINO H., R. CASTILLO G., F.; GONZÁLEZ H., V. A.; LIVERA M., M. (eds). Sociedad Mexicana de Fitogenética. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- MORENO M., M.; PEÑA L., A.; SAHAGÚN C., J.; RODRÍGUEZ P., J. E.; MORA A., R. 2002. Varianza aditiva, heredabilidad y correlaciones en la variedad M1-Fitotecnia de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 25(3): 231-237.
- NYQUIST, W. E. 1991. Estimation of heritability and prediction of selection response in plant populations. *Critical Reviews in Plant Science* 10(3): 235-322.
- NUEZ F., J.; RUIZ, J.; VALCÁRCEL, V.; FERNÁNDEZ DE C., P. 2000. Colección de semillas de calabaza del Centro de Conservación y Mejora de la Agrobiodiversidad Valenciana. Monografías INIA. Agrícola No. 4. Madrid, España. 158 p.
- PARIS, H. S. 2002. Multiple allelism at a major locus affecting fruit coloration in *Cucurbita pepo*. *Euphytica* 125: 149-153.
- PEÑA L., A.; MOLINA G., J. D.; MÁRQUEZ S., F.; SAHAGÚN C., J.; ORTIZ C., J.; CERVANTES S., T. 2002. Respuestas estimadas y observadas de tres métodos de selección en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 25(2): 171-178.
- PÉREZ G., M.; MÁRQUEZ S., F.; PEÑA L., A. 1997. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 380 p.
- RAMOS M., C. 2000. Propiedades físicas y químicas de los suelos del CAE Chapingo tablas: San Martín y Xaltepa. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 129 p.
- RÍOS, H.; BATISTA, O.; FERNÁNDEZ, A. 1996. Características y potencialidades del germoplasma cubano de calabaza (*Cucurbita moschata* Duch). *Revista Cultivos Tropicales* 17(1): 88-91.
- SÁNCHEZ H., M. A.; VILLANUEVA V., C.; SAHAGÚN C., J.; MERRICK, C. L. 2000. Variación genética y respuesta a la selección combinada en una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6(2): 221-240.
- SEARLE, S. R. 1971. Topics in variance component estimation. *Biometrics* 27: 1-76.