

VARIACIÓN GENÉTICA Y RESPUESTA A LA SELECCIÓN COMBINADA EN UNA VARIEDAD CRIOLLA DE CALABAZA PIPIANA (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*)

M. A. Sánchez-Hernández¹; C. Villanueva-Verduzco²; J. Sahagún-Castellanos²; L. Channing Merrick³,

¹Maestría en Ciencias en Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, C.P. 56230.

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

³Department of Agronomy G207 Agronomy Hall. Ames, Iowa 50011-1010. U.S.A.

RESUMEN

Se aplicó selección combinada de medios hermanos maternos en calabaza pipiana bajo el sistema de asociación maíz-calabaza. Se estimaron componentes de varianza genética para caracteres de planta, fruto y semilla. Los datos indican que la varianza genética total estuvo determinada principalmente por efectos aditivos de los genes. La heredabilidad cambió con los ciclos de selección combinada. En 1997 osciló entre 24 y 83 % y en 1998 entre 6 y 90 %. Caracteres de fruto como color, grosor y sabor de pulpa fueron favorecidos por la selección pasando de colores desagradables (verde) a colores agradables (amarillos); aumentó el ancho de semilla en 0.02 cm y el grosor de pulpa en 0.14 cm y el sabor pasó de insípido y amargo a dulce.

PALABRAS CLAVE: Cucurbitáceas, componentes de varianza, genotecnia, mejoramiento genético.

GENETIC VARIATION AND RESPONSE TO COMBINED SELECTION IN A NATIVE VARIETY OF PIPIANA SQUASH (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*)

SUMMARY

A combined selection of maternal half sib was applied to a local pipiana squash population under the maize-squash association system. Genetic variances for plant, fruit and seed characters were estimated. The results indicate that genetic variance exists for the different characters under study. The total genetic variance was determined mainly by additive effects of the genes. The heritability changed with the cycles of evaluation and selection; in 1997 it fluctuated between 24 and 83 %, and in 1998 between 6 and 90 %. Characters of fruit such as color, thickness and flavor of flesh were improved by selection: color turned from an unpleasant green to a pleasant yellow; the seed enlarged 0.02 cm in width; thickness of flesh gained 0.14 cm, and flavor went from insipid and sour to sweet.

KEY WORDS: Cucurbits, variance components, breeding, genetic improvement.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la calabaza (*Cucurbita* spp.) fue importante en el desarrollo de las primeras civilizaciones de América, siendo aún popular en México y en la mayoría de los países americanos donde existen variedades criollas para una determinada región (Pérez *et al.*, 1997). La importancia de la calabaza se debe a su contenido de sustancias nutritivas y a sus cualidades gustativas del fruto; la pulpa del fruto maduro contiene de 11 a 27 % de sólidos totales y 45 % de azúcares de acuerdo con las variedades; las semillas son muy ricas en grasas, proteínas y albúminas (Guenkov, 1974). La calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*) se encuentra de manera muy diversificada

desde el centro y sur de México hasta Centroamérica, área reconocida como centro de diversidad genética, con cerca de 50 especies cultivadas (Montes, 1991).

México es uno de los principales productores de calabazas en el mundo. En 1997 ocupó el quinto lugar en superficie cosechada (42 000 ha) para las diferentes especies cultivadas, con un rendimiento promedio de 7.74 t·ha⁻¹ y una producción total de 325,000 t (Anónimo, 1998).

El principal objetivo del cultivo de la calabaza en México es la producción de verdura con 28,044 ha de riego, distribuidas principalmente en los estados de Sinaloa,

Hidalgo, Sonora, Puebla, Morelos y Guanajuato, con un rendimiento promedio nacional de $13.72 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Otros usos del cultivo de la calabaza, son la producción de fruto maduro para exportación (calabaza kabocha) y semillas. La "producción de semillas" es de importancia en México para el consumo nacional; en el año agrícola 1996 la superficie sembrada alcanzó un total de 1,191 ha cultivadas en temporal con una producción de 81 t en 606 ha cosechadas, obteniéndose un rendimiento de $0.134 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Anónimo, 1997).

La diversidad genética de calabazas es muy amplia en México, principalmente en especies, forma, tamaño y coloración de fruto, cantidad de semilla producida, calidad y grosor de pulpa, tolerancia a enfermedades y precocidad, entre otras características (Montes, 1991).

En México el mejoramiento genético de la calabaza se ha realizado por compañías semilleras privadas que sólo se han enfocado a obtener variedades para producción de verdura y poco se ha considerado a las calabazas para platillos, obtención de "pepitas" o preparación de dulces y conservas. Aunque México es uno de los principales poseedores de la diversidad genética, no ha sido capaz de generar variedades más eficientes acordes a las necesidades específicas del mercado y de sus diferentes regiones agrícolas. El presente estudio se encaminó a satisfacer una de las muchas necesidades de conocimiento y disponibilidad de variedades de calabaza para producción de semilla, teniendo como objetivos: caracterizar la variación genética en caracteres agronómicos y morfológicos de la planta y fruto en una población nativa de calabaza pipiana, en Achichipico, Morelos; determinar la respuesta a la selección combinada de medios hermanos maternos en calabaza pipiana; contribuir a mejorar una población nativa de calabaza pipiana *in situ*, mediante el mejoramiento vegetal participativo; y correlacionar caracteres morfológicos con caracteres cuantitativos de interés agronómico de planta, fruto y semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se condujeron en la comunidad de Achichipico, Morelos. Se realizó un ciclo de selección masal en 1996 y dos ciclos de selección combinada durante 1997 y 1998, en condiciones de temporal bajo el sistema de asociación maíz-calabaza.

Selección masal (1996)

El criterio de selección masal se integró por rendimiento de semilla, precocidad, tamaño y calidad del fruto. Se registró el rendimiento de fruto y semilla por planta, así como el grosor del pedúnculo (cm), color del fruto (escala: 1=amarillo, 2=verde-amarillo, 3=verde claro y 4=crema) y sabor de pulpa (escala: 1=agrio, 2=medio

agrio, 3=insípido y 4=dulce). La selección se aplicó en dos etapas: preselección y selección definitiva. En la preselección se seleccionó un 15 % de plantas con base en precocidad, rendimiento y aspecto externo de fruto. La selección definitiva descartó 10 % de frutos preseleccionados según rendimiento, calidad de semilla y caracteres de pulpa (color, sabor y grosor), de tal manera que la presión de selección total se ajustó a 5 %.

Evaluación y selección combinada (1997 y 1998)

Fueron evaluadas 57 (1997) y 40 (1998) familias de medios hermanos maternos. Se procedió a sembrar una familia de calabaza; en un surco de 24 m de largo, cada seis surcos de maíz en el lote experimental de dos hectáreas. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar. Cada familia representó un tratamiento que contó con cinco repeticiones. La unidad experimental fue una mata de tres plantas. El experimento se diseñó para que funcionara para evaluación de familias y aplicar selección combinada de medios hermanos maternos. Por lo que dicha selección se realizó entre y dentro de familias, la presión de selección entre familias (b_B) fue de 20 % ($120 \times 0.2 = 24$ familias seleccionadas) mientras que dentro de familias (b_W) fue de 33 % ($15 \times 0.33 = 5$ mejores plantas). Las mejores cinco plantas de las mejores 24 familias completaron 120 familias (frutos) y con ello se continuó el proceso de selección. Se obtuvo información para estimar componentes de varianza genética de la población. El proceso de producción fue según la tecnología de producción del agricultor cooperante y se le involucró en el proceso de mejoramiento participativo de calabaza pipiana, al tiempo de que se le entrenó en la selección masal *in situ* del maíz.

Se estableció el híbrido 'Zucchini Tala' en siete áreas distintas del terreno, para cuantificar la variación del suelo existente. El número de repeticiones (matas) por área fue diferente pero siempre tratando de mantener tres plantas por repetición.

Caracteres estudiados (1997 y 1998)

Peso de fruto (PFR; g). Para este carácter se consideraron 197 frutos en 1997 y 64 en 1998; peso de semilla (PSE; g) se cuantificó extrayendo la semilla de los frutos antes pesados usando una balanza granataria; altura y ancho de fruto (ALFR y AFR; cm) usando una regla milimétrica; grosor de pedúnculo (GPE; cm), se cuantificó empleando un vernier. En grosor de pulpa (GPU; cm), ancho y largo de semilla (ASE y LSE; cm), se utilizó una regla de 30 cm; número de frutos por familia (NFF), se determinó al término del ciclo vegetativo. Se consideró prudente contar el número de plantas por familia a la mitad del ciclo del cultivo. Días a floración masculina (DFM), se registró cuando existía un 50 % de plantas en antesis con floración masculina; color de pulpa (CPU), se

realizó un censo de toda la población empleando una clasificación con base en la escala: 1=anaranjado intenso, 2=amarillo intenso, 3=amarillo, 4=amarillo intenso-verde, 5= amarillo pálido, 6=amarillo verdoso, 7=verde amarillo y 8=verde pálido; sabor de pulpa (SPU), se hizo una prueba de todos los frutos y con ello se elaboró una escala de sabor: 1=insípido, 2= medio agrio, 3=agrio, 4=dulce y 5=muy dulce; forma de tallo, se contó sólo plantas cuyos tallos tenían costillas dentro de cada familia y la suma total se expresó como porcentaje del total de plantas de la población. Con relación a virosis y cenicilla se tomó en cuenta sólo la presencia o ausencia de la enfermedad en las plantas de cada familia, la incidencia se expresó como porcentaje de individuos enfermos de toda la población. El carácter forma de tallo y presencia de enfermedades se determinó con base en 1162 individuos en 1997 y 465 en 1998.

Caracteres estudiados en el híbrido 'Zucchini Tala'

Rendimiento biológico (RB; g) se cuantificó con una báscula tipo reloj, pesando toda la planta con sus frutos; número de frutos por planta (NFP), se registró al momento de realizar la cosecha y medir el rendimiento biológico.

Análisis estadístico

De un total de 82 familias que se establecieron en 1997, sólo 57 produjeron frutos; es decir, 30.4 % fueron improductivas. En 1998 se obtuvieron 40 familias productivas de 82 sembradas originalmente; ya que 42 familias (51 %) fueron afectadas por un rastreo aplicado por el agricultor, lo que impidió que completaran su ciclo vegetativo. Con la información recabada se realizaron análisis de varianza, estimación de componentes de varianza genética, comparaciones de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) y correlaciones fenotípicas entre caracteres; además de parámetros genéticos (media, coeficiente de variación aditiva y heredabilidad) y la respuesta estimada a la selección mediante regresión lineal.

Evaluación de familias (1997 y 1998)

El análisis de varianza realizado fue con el modelo uno que representa la evaluación de f familias (F), r bloques (B) y p plantas por bloque por familia (P) para datos por planta, quedando del modo siguiente: $Y_{ijk} = \mu + F_i + B_j + (FB)_{ij} + P_{(ij)k}$; donde Y_{ijk} es el valor observado de la k -ésima planta dentro del j -ésimo bloque de la i -ésima familia, μ es la media, F_i es el efecto de la i -ésima familia, B_j el efecto del j -ésimo bloque, $(FB)_{ij}$ el efecto de interacción entre la i -ésima familia y el j -ésimo bloque y $P_{(ij)k}$ el efecto de la k -ésima planta dentro del j -ésimo bloque de la i -ésima familia. La forma del análisis de varianza se describe en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Forma del análisis de varianza para f familias (F), r bloques (R) y p plantas por bloque por familia (P). Modelo 1.

FV	GL	(CM)	E(CM)
Bloque (B)	$r-1$		
Familia (F)	$f-1$	M1	$\sigma_{pw}^2 + p\sigma_{rf}^2 + pr\sigma_f^2$
B x F	$(r-1)(f-1)$	M2	$\sigma_{pw}^2 + p\sigma_{rf}^2$
Planta/(BxF)	$(p-1)rf$	M3	σ_{pw}^2
Total	$prf-1$		

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; CM: cuadrados medios; E(CM): esperanzas de cuadrados medios con todos los factores aleatorios.

Híbrido 'Zucchini'

El modelo aleatorio (modelo dos) empleado en el análisis estadístico para el híbrido 'Zucchini Tala' fue: $Y_{ijk} = \mu + A_i + M_{j(i)} + P_{k(ij)}$; donde Y_{ijk} es el valor observado de la k -ésima planta en la j -ésima mata de la i -ésima área, μ es la media, A_i es el efecto de la i -ésima área, $M_{j(i)}$ el efecto de la j -ésima mata en la i -ésima área y $P_{k(ij)}$ el efecto de la k -ésima planta dentro de la j -ésima mata de la i -ésima área (Cuadro 2).

CUADRO 2. Forma del análisis de varianza para a áreas (A), r matas (M) y p plantas por mata por área (P). Modelo 2.

FV	GL	CM	(ECM)
Áreas	$a-1$		
Matas/áreas	$(r-1)a$	M1	$\sigma_{we}^2 + p\sigma_{m/a}^2$
Planta/matras	$(p-1)ra$	M2	σ_{we}^2
Total	$pra-1$		

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; CM: cuadrados medios; E(CM): esperanzas de cuadrados medios con todos los factores aleatorios.

Estimación de parámetros genéticos y respuesta a la selección

Componentes de varianza

Para estimar componentes de varianza genética se utilizó 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_A^2). Se intercaló el híbrido 'Zucchini Tala', genéticamente uniforme, para determinar la varianza ambiental dentro de parcelas y con ello poder estimar la varianza genética dentro de familias, que corresponde a $(3/4)\sigma_A^2 + \sigma_D^2$. En virtud de que sólo se tomó el rendimiento biológico total (se pesó la planta completa con sus frutos), no fue posible determinar la varianza de dominancia para

los caracteres evaluados en las familias. La varianza aditiva se estimó con base en la relación que tienen σ_A^2 y varianza entre familias (σ_F^2), lo que produce que el estimador de la varianza aditiva sea $\hat{\sigma}_A^2 = 4\hat{\sigma}_F^2$ (Márquez y Sahagún, 1994).

Las estimaciones se realizaron suponiendo herencia diploide, dos alelos por locus, equilibrio de ligamiento en la población y ausencia de epistasia. Con base en la información de los Cuadros 1 y 2, los parámetros genéticos estimados se calcularon de la siguiente manera:

a) varianza aditiva $\hat{\sigma}_A^2 = 4[(M_1 - M_2)/pr]$ Modelo 1.

b) coeficiente de variación genética aditiva $CV_A = \sigma_A / \bar{x}$ Modelo 1 donde; σ_A es la desviación estándar aditiva y \bar{x} es la media del carácter.

c) heredabilidad en sentido estricto. Se determinó con base en la fórmula propuesta por Nyquist (1991), el cual señala que es el cociente de la varianza de familias y la varianza fenotípica entre familias, y queda representada de la siguiente manera:

$$\hat{h}^2 = \frac{\hat{\sigma}_F^2}{\hat{\sigma}_{PB}^2} = \left[\frac{(M_1 - M_2)}{pr} \right] / \left[\frac{M_1}{pr} \right] \quad \text{Modelo 1}$$

También se estimó la varianza fenotípica:

a) dentro de familias $\hat{\sigma}_{PW}^2 = M_3$ Modelo 1

b) entre familias $\hat{\sigma}_{PB}^2 = M_1 / pr$ Modelo 1

c) fenotípica entre individuos $\hat{\sigma}_O^2 = \hat{\sigma}_F^2 + \hat{\sigma}_{PB}^2 + \hat{\sigma}_{PW}^2 + \hat{\sigma}_{RF}^2$ Modelo 1

Selección combinada

Se determinó con base en la fórmula:

$$R_{SCMHM} = \left[i_b \left(\hat{\sigma}_A^2 / 8 \right) / \hat{\sigma}_{PB} \right] + \left[i_w \left(3\hat{\sigma}_A^2 / 8 \right) / \hat{\sigma}_{PW} \right]$$

Las intensidades de selección para familias fue de $i_b=1.4$ y para individuos dentro de familias fue de $i_w=1.159$. Se calcularon con base en la escala de Molina (1992). La respuesta estimada por ciclo de selección se determinó con base en regresión lineal usando medias de variables sobre los ciclos.

Ajustes de rendimiento por familia.

Se realizó haciendo sublotos de cinco surcos (familias) de 24 m de largo y ajustando los rendimientos mediante la fórmula propuesta por Molina (1992) que se describe a continuación:

$\hat{Y}_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..}$; para: $i = 1, 2, \dots, n$ familias (57 en 1997 y 40 en 1998); $j = 1, 2, \dots, n$ sublotos (17 y 8 sublotos para 1997 y 1998, respectivamente). Donde: \hat{Y}_{ij} es el rendimiento ajustado de la familia i en el sublote j ; Y_{ij} es el rendimiento observado de la familia i en el sublote j ; $\bar{Y}_{.j}$ es la media del rendimiento de todas las familias en el sublote j y $\bar{Y}_{..}$ es la media general del rendimiento de familias en el lote de selección.

Tamaño óptimo de muestra.

Con la finalidad de determinar la variabilidad de la población en estudio, se determinó los tamaños óptimos de muestra con la fórmula: $\eta = \frac{Z_{x_2}^2 S_n^2}{d^2}$

donde: η : tamaño óptimo de muestra, $Z_{x_2}^2$: valor de Z^2 de tablas con $P \leq 0.05$ (3.8416), d : precisión que se desea tener (5 % de la media) y S_n^2 : varianza de la muestra preliminar para cada carácter (Gómez, 1977).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Varianza aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) y coeficientes de variabilidad genética aditiva (CV_A)

No existe antecedentes en calabaza pipiana de estimaciones de $\hat{\sigma}_A^2$ para realizar comparaciones por carácter. Se espera que las estimaciones aquí presentadas (Cuadro 3) sirvan como base para futuras evaluaciones. Se analizó el cambio de la $\hat{\sigma}_A^2$ y CV_A por efecto de la selección. De esta manera el carácter número de frutos por familia tuvo una

$\hat{\sigma}_A^2$ de 22.32 en 1997 y 2.80 en 1998, pero con valores de CV_A de 104.5 % en dos ciclos de selección combinada;

peso $\hat{\sigma}_A^2$ de fruto con de 236948 y 8612 y CV_A que disminuyeron pasando de 93.18 a 48.13 % en 1997 y 1998, respectivamente. Para el peso de semilla las estimaciones de

$\hat{\sigma}_A^2$ fueron de 1307 y 152.1; y las estimaciones de CV_A que, al igual que en peso de fruto, disminuyeron de un ciclo de selección a otro y fueron 87.29 y 64.22 % (Cuadro 3). Al respecto, Falconer (1989) indicó que la varianza aditiva es la causa principal del parecido entre parientes y agregó que teóricamente, bajo aditividad, la $\hat{\sigma}_A^2$ aumenta por efecto de

la selección cuando las frecuencias génicas iniciales de los alelos que favorecen el carácter de interés son bajas, y se incrementan por efecto de la selección. Sin embargo, σ^2_A alcanza su valor máximo cuando las frecuencias génicas para el carácter en cuestión son intermedias ($p=q=0.05$) y tiende a bajar cuando son altas. Los valores altos de CV_A detectados en la población, sugieren que en calabaza pipiana es más fácil obtener avances por selección para estos caracteres, debido a que muestran una alta variabilidad genética aditiva.

Sabor de pulpa presentó valores absolutos en σ^2_A de 1.44 y 2.64 y CV_A de 66.66 y 64.22 %. Altura de fruto con σ^2_A de 22.47 y 11.68 y CV_A que disminuyeron de 40.20 a 29.87 % de 1997 a 1998. En sabor de pulpa, los resultados son entendibles, ya que no es muy considerada dicha característica por el agricultor al elegir los mejores frutos que sembrará el ciclo siguiente.

La precocidad de plantas tuvo una σ^2_A de 18.80 y 2.80 y valores de CV_A de 6.22 y 8.67 %. El carácter ancho de semilla presentó valores en σ^2_A de 0.004 y 0.08 y CV_A de 7.35 y 33.27 %. El color de pulpa mostró una σ^2_A de 1.68 y 0.36 y valores de CV_A de 26.13 y 17.34 %. En el caso de grosor de pulpa los valores de σ^2_A oscilaron en 0.36 y

0.16 con CV_A de 28.98 y 17.62 %. Para grosor de pedúnculo los valores de σ^2_A absolutos fueron de 1.20 y 0.64 y CV_A de 26.26 y 18.34 %. Nótese que en todos los caracteres antes mencionados existió una reducción notable en la variación genética (CV_A); excepto en ancho de semilla. De acuerdo con Peña (1998), en dichos caracteres la selección ha operado reduciendo la varianza aditiva y por ende sus CV_A . Los caracteres largo de semilla y ancho de fruto presentaron componentes de σ^2_A negativa. Así, largo de semilla presentó σ^2_A de 0.028 (1997) y -0.48 (1998) y CV_A de 6.88 % en 1997. Ancho de fruto tuvo σ^2_A estimada de 5.12 y -6.96, además de un CV_A de 14.48 % en 1997. Al respecto Sahagún (1997) indicó que se han realizado estudios para caracterizar la variabilidad genética de las poblaciones de maíz (con el Diseño I y II de Carolina del Norte) para obtener estimaciones más precisas y si se usan muestras inadecuadas, pueden asociarse con estimaciones de baja calidad, que en ocasiones llegan a ser negativas.

La variación encontrada puede ser resultado de una alta presión de selección por el agricultor, a base de escoger pocos frutos, a veces uno solo; los más grandes o de mayor cantidad de semilla. El resto se utiliza para comercialización o consumo de semilla; esto ocasiona una fuerte reducción de la variación genética en tamaño y peso de fruto y semilla.

CUADRO 3. Parámetros genéticos estimados para doce caracteres en una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*).

Carácter	Parámetros genéticos estimados									
	\bar{x}		CV		σ^2_A		CV_A		h^2	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
NFF	4.52	1.60	0.00	0.00	22.32	2.80	104.5	104.5	40.0	35.0
DFM	69.67	65.99	0.00	0.00	18.80	32.80	6.22	8.67	29.0	33.0
ALFR	11.81	11.44	14.41	9.26	22.47	11.68	40.20	29.87	83.0	55.0
AFR	15.62	14.72	15.47	16.80	5.12	-6.96	14.48	-	40.0	-
GPU	2.07	2.27	18.05	31.12	0.36	0.16	28.98	17.62	57.0	30.0
CPU	4.96	3.46	43.71	20.38	1.68	0.36	26.13	17.34	24.0	11.0
SPU	1.80	2.53	66.34	0.00	1.44	2.64	66.66	64.22	43.0	90.0
PSE	41.43	19.19	183.2	280.8	1307	152.1	87.29	64.27	28.0	9.0
LSE	2.43	2.42	9.97	5.83	0.028	-0.48	6.88	-	44.0	-
ASE	0.86	0.85	7.94	4.97	0.004	0.08	7.35	33.27	34.0	21.0
GPE	4.17	4.36	24.69	48.57	1.20	0.64	26.26	18.34	41.0	28.0
PFR	522.4	192.8	165.0	274.3	236948	8612	93.18	48.13	28.0	6.0

\bar{x} : media; CV: coeficiente de variación (%); σ^2_A : estimador de la varianza aditiva; CV_A : coeficiente de variación genética aditiva (%); h^2 : heredabilidad (%); NFF: número de frutos por familia; DFM: días a floración masculina; ALFR: altura de fruto (cm); AFR: ancho de fruto (cm); GPU: grosor de pulpa (cm); CPU: color de pulpa (escala, 1: anaranjado intenso, 2: amarillo intenso, 3: amarillo, 4: amarillo intenso-verde, 5: amarillo pálido, 6: amarillo verdoso, 7: verde amarillo, 8: verde pálido); SPU: sabor de pulpa (escala, 1: insípido, 2: medio agrio, 3: agrio, 4: dulce y 5: muy dulce); PSE: peso de semilla (g); LSE: largo de semilla (cm); ASE: ancho de semilla (cm); GPE: grosor de pedúnculo (cm); PFR: peso de fruto (g).

Heredabilidad

En el primer ciclo de selección combinada (1997) las estimaciones de heredabilidad oscilaron entre 24 y 83 % y en el segundo (1998) entre 6 y 90 %. Los valores de h^2 se presentan como pares de valores para los dos ciclos de selección combinada (Cuadro 3). Así, los caracteres de baja h^2 (± 25 %) fueron peso de semilla con h^2 de 28 y 9 %; peso de fruto con h^2 de 28 y 6 % y color de pulpa con h^2 de 24 y 11 %. Los caracteres de heredabilidad intermedia fueron grosor de pulpa (h^2 de 57 y 30 %), número de frutos por familia (h^2 de 40 y 35 %), precocidad (h^2 de 29 y 33 %), ancho de semilla (h^2 de 34 y 21 %) y grosor de pedúnculo (h^2 de 41 y 28 % para 1997 y 1998). En ancho de fruto ($h^2=40$ %) y largo de semilla ($h^2=44$ %) sólo se tiene el dato de 1997. Los caracteres con mayor h^2 fueron altura de fruto (h^2 de 83 y 55%) y sabor de pulpa (h^2 de 43 y 90 %) (Cuadro 3).

Con base en los análisis estadísticos de heredabilidad, se encontró que en 1997 y 1998 los caracteres de baja h^2 fueron peso de fruto y semilla. Los de h^2 intermedia fueron número de frutos por familia, grosor de pedúnculo, largo y ancho de semilla y grosor de pulpa, además de la precocidad (DFM); y los caracteres de mayor h^2 fueron los relacionados con altura de fruto y sabor de pulpa. Dichos resultados concuerdan con Molina (1992), quien indicó que los caracteres de baja h^2 (± 25 %) son rendimiento de grano en cereales, los de h^2 intermedia (± 60 %) son altura de planta y número de días a floración masculina y femenina, y los que presentan h^2 alta (mayor 80 %) son aquellos de

herencia monogénica. La implicación de la información en el mejoramiento genético de calabaza pipiana, es que presenta perspectivas de seguir siendo seleccionada para rendimiento, debido a que existen valores aditivos altos. Agudelo y Márquez (1975) encontraron que en la estimación de h^2 entra la interacción genético ambiental, tanto entre los individuos que forman la población (maíz-calabaza en competición) como entre ésta y el ambiente.

Respuesta esperada a la selección combinada

En el primer ciclo de selección los caracteres con mayor respuesta a la selección combinada (Cuadro 4) fueron peso de fruto (209.6 g) y peso de semilla (14.20 g), así como el alto de fruto (7.26 cm) y ancho de fruto (1.42 cm).

Los caracteres de pulpa (grosor, color y sabor), largo y ancho de semilla y grosor de pedúnculo presentaron valores bajos de respuesta a la selección combinada (Cuadro 4). Esto fue consistente con los valores de varianza aditiva estimados (Cuadro 3); debido a que los caracteres que presentaron valores altos de varianza genética aditiva y CV_A , también presentaron mayor respuesta a la selección combinada (Cuadro 4). En el segundo ciclo de selección, se observó que la mayor R_{SC} se presentó en peso de fruto y peso de semilla, además de altura de fruto. Al igual que en el primer ciclo de selección; en 1998 se observó que grosor y color de pulpa, así como ancho de semilla y grosor del pedúnculo presentaron valores bajos de R_{sc} (Cuadro 4).

CUADRO 4. Estimaciones de varianza aditiva (σ^2_A), fenotípica de individuos (σ^2_o), fenotípica entre familias (σ^2_{PB}), fenotípica dentro de familias (σ^2_{PW}) y respuesta esperada a la selección combinada de medios hermanos (R_{sc}) en calabaza pipiana.

FV	Parámetros genéticos estimados											
	Media		σ^2_A		σ^2_o		σ^2_{PB}		σ^2_{PW}		Rsc	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
NFF	4.52	1.60	22.32	2.80	17.57	2.67	13.66	2.02	0.00	0.00	-	-
DFM	69.67	65.99	18.80	32.80	21.15	32.55	15.80	24.49	0.00	0.00	-	-
ALFR	11.81	11.44	22.47	11.68	13.76	10.33	5.75	5.27	2.89	1.12	7.26	5.68
AFR	15.62	14.72	5.12	-6.96	11.14	8.35	3.16	2.35	5.84	6.12	1.42	-
GPU	2.07	2.27	0.36	0.16	0.44	0.17	0.16	0.13	0.14	0.50	0.58	0.18
CPU	4.96	3.46	1.68	0.36	7.75	0.26	1.68	0.81	4.72	0.50	0.56	0.29
SPU	1.80	2.53	1.44	2.64	3.02	0.45	0.83	0.73	1.43	0.00	0.80	-
PSE	41.43	19.19	1307	152.1	358619	2102	1159.2	612.96	5767	2903	14.20	2.30
LSE	2.43	2.42	0.028	-0.48	0.08	3.73	0.022	0.97	0.06	0.50	0.08	-
ASE	0.86	0.85	0.004	0.08	0.016	0.03	0.003	0.09	0.01	0.04	0.03	0.22
GPE	4.17	4.36	1.20	0.64	2.241	2.90	0.716	0.56	1.06	4.50	0.75	0.28
PFR	522.4	192.8	236948	8612	559212	200523	211184	55948	743877	279735	209.6	13.4

FV: fuente de variación; NFF: número de frutos por familia; DFM: días a floración masculina; ALFR: altura de fruto (cm); AFR: ancho de fruto (cm); GPU: grosor de pulpa (cm); CPU: color de pulpa (escala, 1: anaranjado intenso, 2: amarillo intenso, 3: amarillo, 4: amarillo intenso-verde, 5: amarillo pálido, 6: amarillo verdoso, 7: verde amarillo, 8: verde pálido); SPU: sabor de pulpa (escala, 1: insípido, 2: medio agrio, 3: agrio, 4: dulce, 5: muy dulce); PSE: peso de semilla (g); LSE: largo de semilla (cm); ASE: ancho de semilla (cm); GPE: grosor de pedúnculo (cm); PFR: peso de fruto (g).

Respuesta observada a la selección

Con base en regresión lineal simple se estimó el avance genético real para cada carácter en estudio. De esta manera, se observó un avance en ancho (0.02 cm por ciclo de selección) y largo de semilla. Este último carácter se ha mantenido en 2.43 cm durante tres ciclos de selección evaluados (1996 selección masal, 1997 y 1998 selección combinada). El peso de semilla disminuyó 22.22 g y el peso de fruto en 75.91 g; por problemas de conducción del experimento y de extracción de frutos antes de cosecha en 1998; por ello, existen coeficientes de regresión negativos para algunos caracteres (Cuadro 5).

CUADRO 5. Ganancia estimada por ciclo de selección en calabaza pipiana mediante el método de regresión lineal simple.

Carácter	Ecuación de predicción	Carácter	Ecuación de predicción
NFF	$Y_{NFF} = 7.44 - 2.92X_i$	CPU	$Y_{CPU} = 6.46 - 1.50 X_i$
DFM	$Y_{DFM} = 73.35 - 3.68X_i$	SPU	$Y_{SPU} = 1.08 + 0.72X_i$
PFR	$Y_{PFR} = 1148.28 - 75.91X_i$	PSE	$Y_{PSE} = 63.64 - 22.22X_i$
ALFR	$Y_{ALFR} = 12.18 - 0.37X_i$	LSE	$Y_{LSE} = 2.43 - 0.01X_i$
AFR	$Y_{ANF} = 16.52 - 0.90X_i$	ASE	$Y_{ASE} = 0.81 + 0.02X_i$
GPU	$Y_{GPU} = 1.84 + 0.14X_i$	GPE	$Y_{GPE} = 3.42 + 0.33X_i$

NFF: número de frutos por familia; DFM: días a floración masculina; ALFR: altura de fruto (cm); AFR: ancho de fruto (cm); GPU: grosor de pulpa (cm); CPU: color de pulpa (escala: 1: anaranjado intenso, 2: amarillo intenso, 3: amarillo, 4: amarillo intenso-verde, 5: amarillo pálido, 6: amarillo verdoso, 7: verde amarillo, 8: verde pálido); SPU: sabor de pulpa (escala: 1: insípido, 2: medio agrio, 3: agrio, 4: dulce y 5: muy dulce); PSE: peso de semilla (g); LSE: largo de semilla (cm); ASE: ancho de semilla (cm); GPE: grosor de pedúnculo (cm); PFR: peso de fruto (g).

El grosor de pulpa de los frutos aumentó en 0.14 cm por ciclo de selección y el grosor del pedúnculo en 0.33 cm. Esto justifica parcialmente el hecho de que el agricultor en el proceso de selección de los mejores materiales que usará de un ciclo a otro, utilice esta evidencia (frutos con pedúnculo grueso) como indicador de la cantidad de semilla que producirá un fruto (Cuadro 5). Por su parte el color de pulpa del fruto se ha visto favorecido por efecto de la selección practicada durante tres ciclos de selección, al disminuir en 1.50; esto indica que han pasado de colores desagradables (verde y verde pálido) a colores agradables (amarillos y uno que otro naranjas) (escala: 1=anaranjado intenso, 2=amarillo intenso, 3=amarillo, 4=amarillo intenso-verde, 5= amarillo pálido, 6=amarillo verdoso, 7=verde amarillo, 8=verde pálido). El sabor de pulpa se ha favorecido en 0.72 al pasar de sabores desagradables (insípidos) a sabores más dulces (escala: 1= insípido, 2=medio agrio, 3=agrio, 4=dulce y 5=muy dulce) (Cuadro 5). Lo anterior, también lo corrobora la información del Cuadro 6 donde se presentan los cambios de color y sabor de pulpa en porcentaje a través de los ciclos de selección efectuados.

CUADRO 6. Frecuencias de color y sabor de pulpa de fruto en porcentaje para una población de calabaza pipiana (*C. argyrosperma*).

Carácter	Ciclo de selección		
	1996 (%)	1997 (%)	1998 (%)
Color de pulpa			
Anaranjado intenso	0.00	5.31	6.25
Amarillo intenso	0.00	17.37	25.00
Amarillo	22.45	6.91	25.00
Amarillo pálido	0.00	23.4	15.63
Amarillo verdoso	62.22	34.0	20.30
Verde pálido	5.11	12.76	7.82
Sabor de pulpa			
Insípido	32.50	5.85	14.06
Medio agrio	52.50	15.95	29.69
Agrio	7.50	65.95	28.12
Dulce	7.50	11.17	17.19
Muy dulce	0.00	1.06	10.94

Color de pulpa (escala: 1: anaranjado intenso, 2: amarillo intenso, 3: amarillo, 4: amarillo intenso-verde, 5: amarillo pálido, 6: amarillo verdoso, 7: verde amarillo, 8: verde pálido). Sabor de pulpa (escala: 1: insípido, 2: medio agrio, 3: agrio, 4: dulce y 5: muy dulce).

Correlaciones fenotípicas

Las correlaciones más notables de la población por ciclo de selección combinada, se presentan como pares de valores para el primero y segundo ciclo (Cuadros 7 y 8). Ancho de fruto se correlacionó positivamente con grosor de pulpa ($r=0.59^{**}$, $r=0.46^{**}$); esto indica que a mayor ancho de fruto la pulpa tiende a ser más gruesa. También a mayor ancho del fruto, existió mayor grosor de pedúnculo ($r=0.50^{**}$, $r=0.54^{**}$). Ancho de fruto también se asoció con ancho de la semilla sugiriendo que frutos más anchos tienen semillas más anchas que alargadas.

El peso de semilla en 1997 se correlacionó en forma positiva y significativa ($r=0.71^{**}$) con peso de fruto en $r=0.71^{**}$ y en 1998 dicha correlación aumentó a $r=0.92^{**}$; ésto es razonable, ya que a mayor peso del fruto se detectó que existe mayor proporción de semilla en los mismos y el rendimiento de semilla por fruto es el carácter de mayor interés en el proceso de selección aplicado en esta población. El peso de la semilla se asoció positivamente con altura de fruto ($r=0.38^{**}$, $r=0.43^{**}$) y ancho de fruto ($r=0.34^{**}$, $r=0.48^{**}$). También se correlacionó significativamente con largo de semilla ($r=0.25^{**}$, $r=0.54^{**}$).

Un indicador importante del peso de semilla fue grosor de pedúnculo por lo que la asociación de estas dos variables fue $r=0.51^{**}$ en 1997 y $r=0.55^{**}$ en 1998; indicando que frutos con pedúnculo más grueso tienen mayor pro-

porción de semilla. Esto es consistente con la ganancia estimada por ciclo de selección (Cuadro 5). Dicho carácter presentó una correlación altamente significativa con grosor de pulpa ($r=0.39^{**}$, $r=0.45^{**}$). Grosor de pedúnculo también se asoció positivamente con largo de semilla ($r=0.29^{**}$, $r=0.48^{**}$). León (1987), indicó que el grosor de pedúnculo es una característica que identifica a *C. argyrosperma*; de ahí que permanezca por efecto de fijar genes favorables para este carácter a través de selección recurrente por el agricultor; además de que se comportó como de heredabi-

lidad intermedia (41 y 28 %) en los dos ciclos estudiados (Cuadro 3).

Largo de semilla se correlacionó positivamente con ancho de fruto ($r=0.42^{**}$, $r=0.59^{**}$). También presentó una correlación positiva con ancho de semilla ($r=0.42^{**}$, $r=0.35^{**}$) indicando que al ser proporcional el desarrollo de la semilla, dichos caracteres están directamente ligados en las dimensiones de la misma. Peso de fruto se asoció positivamente en 1998 con largo de semilla ($r=0.61^{**}$) y ancho de fruto ($r=0.78^{**}$) (Cuadro 8).

CUADRO 7. Correlaciones fenotípicas de 12 caracteres en una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*). Obtenidos en 1997.

FV	ALF	AFR	GPU	CPU	SPU	PSE	LSE	ASE	GPE	DFM	PFR
NFF	0.02	0.08	0.02	-0.14*	0.01	0.16**	-0.02	-0.01	0.07	-0.04	0.20**
ALFR		-0.12	0.05	0.03	-0.09	0.38**	0.07	0.09	0.13	0.18**	0.22**
AFR			0.59**	-0.14*	0.16*	0.34**	0.42**	0.21**	0.50**	-0.09	0.08
GPU				-0.17*	0.12	0.37**	0.28**	0.12	0.39**	0.17**	-0.02
CPU					-0.32**	-0.26**	-0.06	0.01	0.21**	-0.11	-0.02
SPU						0.04	0.09	-0.04	0.16*	0.17*	0.06
PSE							0.25**	0.17*	0.51**	-0.01	0.71**
LSE								0.42**	0.29**	-0.18**	0.17*
ASE									0.13	-0.06	0.07
GPE										-0.01	0.08
DFM											-0.06

FV: fuente de variación; NFF: número de frutos por familia; ALFR: altura de fruto (cm); AFR: ancho de fruto (cm); GPU: grosor de pulpa (cm); CPU: color de pulpa (escala; 1: anaranjado intenso, 2: amarillo intenso, 3: amarillo, 4: amarillo intenso-verde, 5: amarillo pálido, 6: amarillo verdoso, 7: verde amarillo, 8: verde pálido); SPU: sabor de pulpa (escala; 1: insípido, 2: medio agrio, 3: agrio, 4: dulce y 5: muy dulce); PSE: peso de semilla (g); LSE: longitud de semilla (cm); ASE: ancho de semilla (cm); GPE: grosor de pedúnculo (cm); DFM: días a floración masculina; PFR: peso de fruto (g).

CUADRO 8. Correlaciones fenotípicas de 12 caracteres de una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*). Obtenidos en 1998.

FV	NFF	ALF	AFR	GPU	CPU	SPU	PSE	LSE	ASE	GPE	DFM	PFR
NPF	0.07	-0.07	-0.01	0.04	0.18	-0.12	-0.05	-0.01	0.03	-0.12	-0.32**	-0.06
NFF		-0.01	0.09	0.15	0.06	-0.19	0.20**	0.09	0.13	0.13	-0.17**	0.21**
ALFR			0.24*	0.07	-0.09	-0.08	0.43**	0.28*	0.10	0.32**	0.01	0.50**
AFR				0.46**	0.02	0.19	0.48**	0.59**	0.34**	0.54**	0.15	0.78**
GPU					-0.07	0.15	0.22	0.35**	0.45**	0.45**	0.08	0.55**
CPU						-0.21	-0.21	-0.16	-0.01	-0.28*	-0.22	-0.08
SPU							-0.05	0.05	0.12	0.16	0.38**	0.06
PSE								0.54**	0.05	0.55**	0.01	0.92**
LSE									0.35**	0.48**	0.07	0.61**
ASE										0.18	0.02	0.21
GPE											0.11	0.63**
DFM												0.02

FV: fuente de variación; NFF: número de frutos por familia; ALFR: altura de fruto (cm); AFR: ancho de fruto (cm); GPU: grosor de pulpa (cm); CPU: color de pulpa (escala; 1: anaranjado intenso, 2: amarillo intenso, 3: amarillo, 4: amarillo intenso-verde, 5: amarillo pálido, 6: amarillo verdoso, 7: verde amarillo, 8: verde pálido); SPU: sabor de pulpa (escala; 1: insípido, 2: medio agrio, 3: agrio, 4: dulce y 5: muy dulce); PSE: peso de semilla (g); LSE: longitud de semilla (cm); ASE: ancho de semilla (cm); GPE: grosor de pedúnculo (cm); DFM: días a floración masculina; PFR: peso de fruto (g).

Rendimientos ajustados.

Se realizó un ajuste de rendimiento por heterogeneidad de suelo mediante la fórmula de Molina (1992), para los caracteres peso de fruto y de semilla. Las familias con mayor rendimiento de semilla en 1997 fueron: 1, 78 y 65 con 79.26, 75.82 y 75.53 g·fruto⁻¹ de semilla (Cuadro 9). En 1998 el peso de semilla fue mayor en la familia 41 (82.5 g·fruto⁻¹), seguida de las familias 78 y 21 (65 y 64.63 g·fruto⁻¹ de semilla) (Cuadro 10). Para rendimiento de fruto en 1997, sobresalió la familia 78, 65 y 71 con 1017.77, 909.87 y 861.66 g·fruto⁻¹. En 1998 las familias más productivas fueron la 41 con 795.12 g·fruto⁻¹, seguida de las familias 21 y 18 con 554.03 g·fruto⁻¹ y 483.34 g·fruto⁻¹.

CUADRO 9. Rendimientos de fruto ajustados por planta en cada familia (FAM) de una población de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*). Obtenidos en 1997.

FAM ²	Peso de fruto (g)	FAM ²	Peso de Fruto (g)	FAM ²	Peso de semilla (g)	FAM ²	Peso de semilla (g)
78	1017.77	16	340.03	1	79.26	77	27.32
65	909.87	27	338.19	78	75.82	20	26.99
71	861.66	5	317.85	65	75.53	57	26.92
30	825.83	61	311.89	71	55.62	13	24.11
10	775.16	67	303.95	30	53.18	14	22.26
1	761.67	15	302.35	10	51.79	53	21.92
46	603.89	57	296.66	69	49.77	5	21.87
40	561.66	39	295.89	63	48.71	66	21.20
63	548.63	9	292.30	54	46.92	39	21.12
54	526.66	19	276.95	25	43.99	28	20.13
18	515.59	13	273.55	82	43.71	7	19.22
22	515.51	12	262.23	40	40.49	55	18.34
58	482.38	55	255.23	46	39.79	51	18.34
69	470.59	24	231.19	43	35.10	15	17.32
14	444.12	76	229.20	38	34.81	42	17.12
28	416.66	11	211.45	18	34.09	67	16.99
31	411.79	82	159.74	58	34.06	61	16.12
81	409.31	79	120.59	27	33.90	4	15.99
4	409.17	73	116.89	22	33.10	24	15.07
43	406.57	77	112.55	73	32.45	79	14.99
38	400.78	75	109.58	33	32.27	11	14.99
32	400.18	53	135.59	12	31.06	75	14.80
74	398.55	2	109.02	31	30.91	21	11.39
20	397.52	42	99.55	19	29.37	74	10.79
51	394.52	41	92.46	9	28.70	62	10.54
45	393.71	7	88.67	16	27.89	41	8.62
66	388.45	25	70.78	32	27.88	2	5.59
33	346.66	21	48.62	45	27.45	81	5.40
						76	4.65

² 25 familias (30 %) resultaron improductivas por lo que no aparecen en el cuadro.

En 1997 no siempre las familias con más peso de fruto tuvieron mayor peso de semilla por planta (Cuadro 9), por lo que la familia 1 con varios frutos pequeños (761.6 g·fruto⁻¹ por planta; 1188.20 kg·ha⁻¹) presentó el mayor peso de semilla (79.26 g·fruto⁻¹; 123.64 kg·ha⁻¹) y fue la más precoz con 63 días a floración masculina. En 1998, la familia 41 presentó el mayor peso de fruto (795.12 g·fruto⁻¹ por planta; 1240 kg·ha⁻¹) y de semilla (82.5 g·fruto⁻¹; 128.70 kg·ha⁻¹) (Cuadro 10).

CUADRO 10. Rendimientos de fruto y de semilla ajustados por planta en cada familia (FAM) de una población de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*). Obtenidos en 1998.

FAM	Peso de fruto (g)	FAM	Peso de fruto (g)	FAM	Peso de semilla (g)	FAM	Peso de semilla (g)
41	795.12	8	232.12	41	82.50	44	27.22
21	554.03	1	219.56	78	65.00	80	25.63
18	483.34	33	208.21	21	64.63	36	25.60
78	455.11	26	201.96	18	51.90	58	25.10
81	396.17	36	200.09	4	48.33	34	25.00
46	387.59	20	200.08	47	46.00	77	24.50
7	348.19	77	200.08	46	39.43	9	24.45
4	347.10	58	200.02	19	36.50	8	24.23
19	335.16	29	189.46	82	36.43	42	21.25
47	330.17	42	175.70	38	35.75	39	21.10
82	325.91	25	169.32	62	34.50	31	20.83
38	325.08	9	160.05	81	34.17	1	20.38
45	325.05	22	145.69	33	33.33	29	19.44
44	321.96	1	127.94	26	33.33	79	19.37
62	314.38	39	127.86	40	31.77	22	16.77
80	290.06	79	97.21	23	31.37	43	15.00
23	248.64	10	91.82	20	31.30	25	14.00
40	240.68	24	60.10	45	30.63	3	10.00
34	240.65	43	53.64	37	29.50	10	7.00
37	235.67	3	41.23	7	29.44	24	6.10

Tamaño óptimo de muestra

Las varianzas más pequeñas se presentaron en ancho y largo de semilla con valores cercanos a 20 frutos. Peso de semilla presentó el valor más alto de tamaño de muestra con 1275 frutos en 1997, mientras que en ese año para estimar a peso de fruto se necesitó 1019 frutos. Valores altos en tamaño de muestra indican que dichos caracteres mostraron mayor variación con respecto a otros; además, en los años 1996 y 1998 la tendencia para tamaño de muestra fue muy similar a lo observado en 1997 (Cuadro 11). Al respecto, Gómez (1977) indicó que el tamaño óptimo de muestra depende de la variación del fenómeno bajo estudio; así como de la confiabilidad y la precisión deseada. Por lo que es claro que la información presentada indica que en calabaza pipiana es necesario evaluar un alto número de frutos para tener estimadores más confiables del rendimiento de fruto y de semilla.

CUADRO 11. Media, desviación estándar y tamaño óptimo de muestra para doce caracteres en calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*). Obtenidos en 1996, 1997-1998.

Carácter	Ciclo 0 (1996)		Ciclo 1 (1997)		Ciclo 2 (1998)	
	Media $\pm \sigma$	η	Media $\pm \sigma$	η	Media $\pm \sigma$	η
NFF	-	-	4.52 \pm 2.11	334	1.60 \pm 0.81	393
DFM	-	-	69.67 \pm 2.27	2	65.99 \pm 2.82	3
ALFR	-	-	11.81 \pm 3.79	158	11.44 \pm 3.52	145
AFR	-	-	15.62 \pm 2.93	54	14.72 \pm 2.94	61
GPU	2.0 \pm 0.42	68	2.07 \pm 0.58	120	2.27 \pm 0.60	107
CPU	-	-	4.96 \pm 2.13	283	3.46 \pm 1.42	258
SPU	-	-	1.80 \pm 0.90	384	2.53 \pm 0.95	216
PSE	51.5 \pm 20.3	238	41.43 \pm 37.7	1275	19.19 \pm 15.3	976
LSE	2.43 \pm 0.20	11	2.43 \pm 0.28	20	2.42 \pm 0.27	19
ASE	0.82 \pm 0.10	23	0.86 \pm 0.09	17	0.85 \pm 0.10	21
GPE	3.7 \pm 1	113	4.17 \pm 1.31	151	4.36 \pm 1.35	147
PFR	1310 \pm 362	118	522.4 \pm 425	1019	192.8 \pm 146	879

NFF: número de frutos por familia; DFM: días a floración masculina; ALFR: altura de fruto (cm); AFR: ancho de fruto (cm); GPU: grosor de pulpa (cm); CPU: color de pulpa (escala; 1: anaranjado intenso, 2: amarillo intenso, 3: amarillo, 4: amarillo intenso-verde, 5: amarillo pálido, 6: amarillo verdoso, 7: verde amarillo, 8: verde pálido); SPU: sabor de pulpa (escala; 1: insípido, 2: medio agrio, 3: agrio, 4: dulce y 5: muy dulce); PSE: peso de semilla (g); LSE: longitud de semilla (cm); ASE: ancho de semilla (cm); GPE: grosor de pedúnculo (cm); PFR: peso de fruto (g).

CONCLUSIONES

En el primer ciclo de selección se encontró mayor variación genética en caracteres agronómicos y morfológicos de planta y fruto en calabaza pipiana, en relación a lo que se encontró en el segundo ciclo de selección.

La variación genética aditiva, en términos del CV_A, se redujo notablemente en la mayoría de los caracteres estudiados: peso de fruto (45 %) y de semilla (23.02 %), altura de fruto (10.33 %), grosor de pedúnculo (7.92 %); color, sabor y grosor de pulpa (8.73, 2.44, 11.36 %); mientras que en otros caracteres la variación aumentó: precocidad (2.45 %) y ancho de semilla (25.9 %) y permaneció constante, para número de frutos por familia; lo cual sugiere que la selección en variedades locales tiene un costo genético diferencial entre caracteres, en el mantenimiento y conservación *in situ* del germoplasma.

La respuesta esperada a la selección combinada de medios hermanos maternos en la población del primer ciclo de selección fue: peso de semilla (14.20 g), peso de fruto (209.6 g) y altura de fruto (7.26 cm); pero estas disminuyeron en el segundo ciclo de selección: 2.30 g, 13.4 g y 5.68 cm, respectivamente, como resultado de la reducción en la variación genética.

Las heredabilidades resultaron de medianas a altas para la mayoría de los caracteres en estudio. En el primer ciclo de selección oscilaron entre 24 y 83 %, y en el segundo entre 6 y 90 %. Los caracteres de mayor importancia agronómica presentaron heredabilidad baja: peso de

fruto 28 y 6 % y peso de semilla 28 y 9 %, para el primero y segundo ciclo de selección, respectivamente.

El mejoramiento vegetal participativo ayudó a incrementar la frecuencia de genes favorables para caracteres cualitativos en calabaza pipiana y por consiguiente la media fenotípica, principalmente grosor (0.14 cm), color (-1.50; valores escalares bajos indican colores deseables) y sabor de pulpa (0.72; valores altos indican sabores más dulces), además de que permitió aumentar el ancho de semilla en 0.02 cm y la precocidad de plantas en 3.68 días.

Se encontró correlaciones altas, positivas y altamente significativas entre peso de semilla con peso de fruto y grosor de pedúnculo. Además el peso de semilla también se asoció positivamente con altura de fruto, ancho de fruto y largo de semilla.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1997. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Centro de Estadística Agropecuaria de la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural. Tomo I.
- ANÓNIMO. 1998. Anuario de producción. Vol. 51. Roma, Italia. pp. 130-131.
- AGUDELO L., C.; MÁRQUEZ S., F. 1975. Estimación de la heredabilidad por medio de regresión progenie-progenitor usando componentes de varianza en una población de maíz, en tres densidades de siembra. *Agrociencia* 21: 91-100.
- FALCONER, D. S. 1989. Introducción a la Genética Cuantitativa. Traducido de la segunda edición en inglés en 1981 por F. Márquez S. Segunda impresión en español. Compañía Editorial Continental. D. F., México. 383 p.
- GÓMEZ A., J. R. 1977. Introducción al Muestreo. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialista en Estadística. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 259 p.
- GUENKOV, G. 1974. Fundamentos de Horticultura Cubana. Instituto cubano del libro. La Habana, Cuba. pp. 169-172.
- MÁRQUEZ S., F.; SAHAGÚN C., J. 1994. Estimation of genetic variances with maternal half-sib families. *Maydica* 39: 197-201.
- 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. Ed. Ortega P., Palomino H., R. Castillo G., F.; González H., V. A. y Livera M., M. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- NYQUIST, W. E. 1991. Estimation of heredability and prediction of selection response in plant populations. *Critical Reviews in Plant Science* 10(3): 235-322.
- PEÑA L., A. 1998. Parámetros genéticos, respuesta a la selección y heterosis en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Doctor en Ciencias con Especialidad en Genética. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 151 p.
- PÉREZ G., M.; MÁRQUEZ S., F.; PEÑA L., A. 1997. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 380 p.
- SAHAGÚN C., J. 1997. Precisión de Estimadores de Componentes de Varianza del Diseño I de Carolina del Norte con Progenitores Endogámicos. *Rev. Fitotec. Méx.* 20: 1-12.