



AVANCE GENÉTICO POR SELECCIÓN MASAL PARTICIPATIVA EN CALABAZA PIPIANA (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*)[†]

[GENETIC ADVANCE BY PARTICIPATORY MASS SELECTION IN PIPIANA SQUASH (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*)]

Clemente Villanueva-Verduzco¹, Miguel Angel Sánchez-Hernández^{2*}, Hugo López-Calbo¹, César Sánchez-Hernández¹, Evert Villanueva-Sánchez³ and Irma Sánchez-Cabrera³

¹Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Chapingo, Estado de México. Tel. y Fax: 01 (595) 952-1500.

Email: clemente.villanueva@gmail.com.

²Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n. Ciudad Universitaria Loma Bonita, Oaxaca, México. C.P. 68400 Tel. y Fax: 01(281) 872-9230.

Email: mangelsan@hotmail.com.

³ Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Posgraduados. Km. 36.5. Carretera México Texcoco. CP. 56230. Montecillo, Estado de México. Tel. (595) 952-0200. Email: isc1859@hotmail.com.

*Corresponding author

RESUMEN

El presente estudio se realizó en Achichipico, Morelos, México con la finalidad de evaluar el avance genético de cuatro ciclos de selección masal participativa *in situ* en una población local de calabaza pipiana *Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*, bajo el sistema de asociación maíz-calabaza en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados indicaron que la respuesta a la selección para rendimiento de semilla por hectárea y rendimiento de fruto por hectárea estuvo en el orden de 20.19 kg ha⁻¹ (42.9%) y 213.41 kg ha⁻¹ (41.3%) por ciclo de selección, respectivamente. Atribuido a una ganancia en rendimiento de semilla por planta y rendimiento de frutos por planta (9.80 g planta⁻¹ (27.5%) y 0.10 kg planta⁻¹ (26.3%), respectivamente). En los caracteres sabor y color de pulpa la mejora fue de 0.53 unidades (15.9%) y 0.48 unidades (13.1%) por ciclo de selección, respectivamente. El análisis de varianza, sólo detectó diferencias altamente significativas entre ciclos de selección para color y sabor de pulpa. En los caracteres que no presentaron diferencia estadística, se observó una clara tendencia numérica a la mejora, al avanzar a través de ciclos de selección en calabaza pipiana.

Palabras clave: Cucurbitaceae; Respuesta a la selección; Asociación maíz-calabaza; Calabazas mexicanas.

SUMMARY

The present work was carried out in Achichipico, Morelos, with the purpose of evaluating the genetic advance of *in situ* participatory mass selection in a local population of pipiana squash (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*), in the association system maize-squash, an experimental design of randomized blocks with four replications was used. The response to selection for seed and fruit yield per hectare was 20.19 kg ha⁻¹ (42.9%) and 213.4 kg ha⁻¹ (41.3%), respectively, per selection cycle, because of the genetic gain for seed and fruit yield per plant (9.80 g plant⁻¹ (27.5%) and 0.10 kg plant⁻¹ (26.3%), respectively). In flesh flavor and flesh color characters the advance per selection cycle was 0.53 units (15.9%) and 0.48 units (13.1%), respectively. Analysis of variance, only detected highly significant differences among selection cycles for flesh color and flesh flavor. Characters that did not present statistical differences, shown clear numerical tendency to improvement throughout selection cycles in pipiana squash.

Key words: Cucurbitaceae improvement; Response to selection; Intercropping maize-squash; Mexican squashes.

[†] Submitted May 16, 2018 – Accepted August 21, 2018. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License

INTRODUCCIÓN

En México se cultivan cuatro de las cinco especies del género *Cucurbita*, entre ellas: calabaza para dulce (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Lam.), chilacayote (*C. ficifolia* Bouché), calabacita (*C. pepo* L.) y calabaza para semilla o pipiana (*C. argyrosperma* Huber var. *argyrosperma* y *stenosperma*) (Lira, 1995; Sánchez et al., 2004; Cerón et al., 2010).

Las calabazas se cultivan de manera tradicional en el sistema “milpa”, donde se asocian a cultivos básicos como maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y hortalizas como quelites (*Chenopodium album* L.) y verdolagas (*Portulaca oleracea* L.) (Montes, 1991; Lira, 1995; Canul et al., 2005; Meneses et al., 2009; Rodríguez-Amaya et al., 2009). Su consumo puede ser como hortaliza (fruto tierno, flores, puntas de guías) o fruto maduro, ya que su pulpa es rica en carbohidratos, provitamina A y fibra soluble, las semillas son ricas en proteína (32-40%) y aceite vegetal (40%) (Sánchez et al., 2009).

En el año 2016 se establecieron en la República Mexicana 64,777 hectáreas de calabaza para semilla, obteniéndose una producción de 39,013 toneladas, con un rendimiento de 610 kg ha⁻¹ (SIAP, 2018). Las variedades cultivadas de *Cucurbita argyrosperma* Huber se propagan por semilla asociadas con maíz al inicio del período de lluvias (mayo-junio), principalmente en los estados de Morelos, Guerrero, Tabasco, Quintana Roo, Campeche, Oaxaca, Veracruz, Jalisco y Zacatecas. Su desarrollo dura de cinco a siete meses; el fruto tierno para verdura se cosecha tres meses después de siembra, mientras que el fruto maduro para semilla se cosecha seis meses después entre octubre y diciembre (Lira, 1995).

Debido a que en México se localizan 10% de las especies de plantas superiores del planeta, y más de 40% de ellas son endémicas del territorio nacional (CONABIO, 2000). Es entendible que la diversidad genética de calabazas sea muy amplia en el país, principalmente en forma, tamaño y coloración de fruto, cantidad de semilla producida, calidad, cantidad y grosor de pulpa, tolerancia a enfermedades y precocidad (Cerón et al., 2010). En *C. argyrosperma* Huber la variabilidad genética se atribuye a que presenta un área de distribución que va desde el suroeste de los Estados Unidos hasta Nicaragua, prosperando en zonas por debajo de 1800 m, en climas cálidos a secos (Villanueva, 2007).

El mejoramiento genético vegetal participativo se considera como el mejoramiento descentralizado y controlado por los fitomejoradores, involucrando en varios grados al agricultor en el proceso de mejoramiento. Su objetivo es desarrollar una alternativa diferente al mejoramiento vegetal clásico

centralizado, el cual se dirige a obtener altos rendimientos de variedades en ambientes agrícolas favorables (Hardon, 1996). Gollin y Smale (1999), describieron dos estrategias para conservar los recursos genéticos. Conservación *ex situ* que considera un número pequeño de plantas conocidas, fijando el material genético vegetal al momento en que entra en un banco de germoplasma, pudiendo ocurrir deriva genética con el tiempo. Y conservación *in situ* aplicada a colecciones más grandes de especies, algunas de las cuales pueden no ser del todo conocidas, asegurando que los agricultores mantengan poblaciones de plantas evolucionando en sus sitios de origen.

Para realizar mejoramiento genético tradicional o participativo en calabaza, es necesario conocer la varianza genética aditiva, de dominancia y la magnitud de la heredabilidad por cada carácter de la población en estudio (Sánchez et al., 2006). Así, algunos de los métodos de mejoramiento que se han utilizado con éxito en calabaza son: selección masal (Vildozola, 1998; Sánchez et al., 2004), selección combinada de familias de medios hermanos maternos (Sánchez et al., 2000; Meneses et al., 2002; Sánchez et al., 2006), selección recurrente utilizando líneas S1 (Cardoso, 2007). Multiplicación *in vitro* de calabaza vía organogénesis (Sánchez et al., 2009). Obtención de genotipos partenocárpicos formados a partir de compuestos de amplia base genética (Méndez et al., 2010). Formación en calabacita de híbridos interespecíficos e intraespecíficos. Además de la obtención de variedades sintéticas a partir de híbridos comerciales y formación de variedades de semilla sin testa (“Round Zucchini”) mediante selección y autofecundación de segregantes (Sánchez et al., 2011).

El presente estudio tuvo como objetivo medir el avance genético obtenido en cuatro ciclos de selección masal participativa *in situ*, en caracteres de interés agronómico de planta, fruto y semilla en una variedad criolla de calabaza pipiana *Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El experimento se estableció en Junio de 2001 en la comunidad de Achichipico, Municipio de Yecapixtla, Morelos, México. Se localiza a 18° 57' de Latitud Norte y 98° 50' de Longitud Oeste. Presenta una altitud de 1930 msnm. El clima está clasificado como (A) Ca (w₂) (w) (i')g, que corresponde a un semicálido húmedo que presenta una temperatura media de 21°C y una precipitación de 911.5 mm anuales (INEGI, 2002).

Material genético

Se evaluó la variedad original (selección masal 1996) y los compuestos del primero al cuarto ciclos de selección (Selección combinada 1997 y 1998; selección masal 1999 y 2000) en la variedad criolla local de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) cultivada por el Sr. Serafín Vidal, en Achichipico, Morelos, en asociación con maíz el cual también es un material criollo regional. El experimento ocupó una superficie de 2250 m² de terreno. Los cuatro ciclos de selección, resultaron del mejoramiento genético participativo aplicado como parte del proyecto “milpa”, que entre sus objetivos buscó mejorar diferentes calabazas criollas regionales cultivadas en México en asociación con maíz, y cuyo financiamiento lo realizó la fundación McKnight, de Minnesota, Estados Unidos de América.

Diseño y unidad experimental

El experimento se estableció en un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por un surco de calabaza de 20 metros. El distanciamiento entre surcos fue de 0.90 m y se estableció un surco de calabaza (3,333 plantas ha⁻¹), cada cuatro surcos de maíz, el maíz, fue sembrado en matas de tres plantas cada 0.50 m dando una densidad de 50,000 plantas por hectárea.

Caracteres evaluados

Peso de fruto (PFR, kg) y peso de semilla (PSE, g) se registraron en una balanza digital con capacidad para 40 kg; grosor de pulpa (GPU, cm), largo y ancho de fruto (LFR, AFR, cm) se midieron con una regla metálica de 50 cm. Ancho y longitud de semilla (ASE y LSE, cm), se midió una muestra aleatoria de diez semillas, para obtener un promedio individual; grosor de pedúnculo (GPE, cm) se estimó con un vernier; frutos por planta (FPP) contabilizados al momento de la cosecha. El color de la pulpa (CPU) en todos los frutos de cada ciclo de selección se determinó con la escala (1: anaranjado intenso, 2: amarillo intenso, 3: amarillo, 4: amarillo pálido, 5: amarillo verdoso, 6: verde pálido). En sabor de pulpa (SPU) se degustó un pedazo de pulpa de cada uno de los frutos y se calificó conforme la escala (1: insípido, 2: medio agrio, 3: agrio, 4: dulce, 5: muy dulce). A partir del rendimiento de frutos por planta (RFPL, kg) y de semilla por planta (RSPL, kg) se estimó el rendimiento de frutos (RFPFA) y de semilla por hectárea (RSPHA), para ello se multiplicó lo obtenido

en una parcela de 20 m lineales por el número de parcelas (111 parcelas) que habría en una hectárea.

Análisis estadístico

Respuesta a la selección. La respuesta a la selección por ciclo se obtuvo a partir de la pendiente de la línea de regresión lineal simple, según la fórmula:

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i$$

Donde \hat{Y}_i es el valor estimado para el carácter de interés, X_i representa el i-ésimo ciclo de selección, $\hat{\beta}_0$ es la ordenada al origen y $\hat{\beta}_1$ es el coeficiente de regresión. Este último se consideró como el avance genético (Δ_G) promedio por ciclo de selección. Así, el avance genético se calculó en la forma:

$$\Delta_G = (\hat{\beta}_1 / \bar{C}_0) \times 100$$

Siendo \bar{C}_0 la media del carácter en la variedad original y $\hat{\beta}_1$ el estimador del coeficiente de regresión lineal simple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta a la selección

El mayor avance genético por ciclo de selección (Tabla 1), se obtuvo en los caracteres: rendimiento de semilla por hectárea con 20.19 kg (42.9%); rendimiento de frutos por hectárea 213.41 kg (41.3%) (Figura 1); rendimiento de semilla por planta 9.80 g (27.5%); rendimiento de frutos por planta 0.10 kg (26.3%) (Figura 1); color y sabor de pulpa 0.48 (13.1%) y 0.53 (15.9%), respectivamente (Figura 2). El grosor del pedúnculo aunque ganó 0.04 cm (0.8%) (Figura 2) es inferior a lo reportado por Sánchez *et al.* (2000), quienes al evaluar tres ciclos de selección en *Cucurbita argyrosperma* var. *stenosperma*, obtuvieron una ganancia genética mayor a 0.28 cm por fruto por cada ciclo de selección, aspecto que resalta ya que los agricultores en el proceso de selección empírica de los mejores materiales que usaran de un ciclo de cultivo a otro, utilizan esta característica como indicador morfológico del rendimiento de semilla por fruto.

Tabla 1. Avance genético promedio por ciclo y acumulado en cuatro ciclos de selección en calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*), con relación a la variedad original. Achichipico, Morelos, México.

CARÁCTER	\bar{C}_0	β_1	Δ_G (%)	Δ_{GA} (%)	Δ_{GAU}
PFR (kg)	1.54	0.0159	1.03	4.13	0.06
LFR (cm)	11.02	0.2163	1.96	7.85	0.87
ANF (cm)	16.05	0.0846	0.53	2.11	0.34
FPP	0.44	-0.0301	-6.84	-27.36	-0.12
GPE (cm)	4.60	0.0368	0.80	3.20	0.15
GPU (cm)	2.10	0.0425	2.02	8.10	0.17
CPU	3.67	-0.4821	-13.14	-52.54	-1.93
SPU	3.30	-0.5257	-15.93	-63.72	-2.10
PSE (g)	141.74	2.1068	1.49	5.95	8.43
LSE (cm)	2.55	0.0160	0.63	2.51	0.06
ASE (cm)	0.87	0.0060	0.68	2.71	0.02
RFPHA (kg)	516.50	213.4130	41.32	165.28	853.65
RSPHA (kg)	47.04	20.1880	42.91	171.66	80.75
RFPL (kg)	0.39	0.1026	26.31	105.23	0.41
RSPL (g)	35.48	9.7670	27.53	110.11	39.07

PFR: peso de fruto; LFR: largo de fruto; ANF: ancho de fruto; FPP: frutos por planta; GPE: grosor del pedúnculo; GPU: grosor de la pulpa; CPU: color de pulpa (1: anaranjado intenso, 2: amarillo intenso, 3: amarillo, 4: amarillo pálido, 5: amarillo verdoso, 6: verde pálido); SPU: sabor de pulpa (1: insípido, 2: medio agrio, 3: agrio, 4: dulce, 5: muy dulce); PSE: peso de semilla; LSE: longitud de semilla; ASE: ancho de semilla; RFPHA: rendimiento de frutos por hectárea; RSPHA: rendimiento de semilla por hectárea; RFPL: rendimiento de frutos por planta; RSPL: rendimiento de semilla por planta; \bar{C}_0 : media de la variedad original (1996); β_1 : coeficiente de regresión; Δ_G (%): avance genético en porcentaje promedio por ciclo de selección; Δ_{GA} (%): avance genético acumulado en porcentaje en los cuatro ciclos de selección y Δ_{GAU} : avance genético acumulado en los cuatro ciclos de selección en las unidades de la variable respectiva.

Cambios en la frecuencia de frutos maduros según calidad de pulpa

Color de pulpa. En la variedad original (C_0), los mejores colores de pulpa (anaranjado intenso, amarillo intenso y amarillo) sumaron un 51.6%; mientras que para el segundo grupo (amarillo pálido y amarillo verdoso) y tercer grupo (verde pálido) de colores poco apreciados, solamente representaron 35.5 y 12.9%, respectivamente (Tabla 2).

Para el cuarto ciclo de selección, el 100% de los frutos se ubicaron en el grupo de los mejores colores (anaranjado intenso, amarillo intenso y amarillo), desapareciendo de la población los colores amarillo pálido, amarillo verdoso y verde pálido (Tabla 2). Sánchez *et al.* (2004) al aplicar selección combinada en *C. argyrosperma* Huber var. *stenosperma* reportaron un 58.7% de colores deseables de pulpa (amarillos a anaranjados), por lo que un 41.3% eran colores de calidad no deseada. Meneses *et al.*, (2009) en una población sintética de calabaza *C. pepo* L., estimaron a través de ciclos de selección los cambios en calidad de fruto maduro utilizando un esquema de mejoramiento genético participativo, reportando para el primer ciclo de selección 51.0% de frutos con pulpa amarilla y blanca y solo 4.6% de frutos con pulpa de color amarillo intenso, para el segundo ciclo

había 62.0% de frutos de pulpa anaranjada intensa y anaranjada; para el cuarto ciclo de selección los colores de pulpa anaranjado intenso y anaranjado representaron en la población un 84.4%, justificando las bondades de los esquemas de selección participativa.

Sabor de pulpa. En la variedad original (Ciclo 1996), el sabor predominante fue el de menor calidad (agrio) representando un 41.9% (Tabla 2). Por efecto de la selección, en el cuarto ciclo (2000) el sabor muy dulce llegó hasta el 86.2%, el dulce ocupó el 10.3%, y el insípido prácticamente desapareció (3.4%) al igual que el sabor agrio, indicando un efecto positivo de la selección en el mejoramiento de la calidad de fruto por sabor de pulpa en esta variedad.

Sánchez *et al.* (2004) reportaron un 48.0% de frutos dulces y muy dulces al aplicar selección familiar de medios hermanos maternos en calabaza pipiana, existiendo solo un 6.0% de frutos agrios, lo que sugiere que existió un efecto positivo de la selección por calidad de fruto. Reforzando lo anterior, Meneses *et al.* (2009) obtuvieron en un primer ciclo de selección 69.0% de frutos insípidos, en un segundo ciclo contabilizaron 61.6% de frutos con pulpa dulce y muy dulce; para el tercer ciclo el dato aumentó a 66.3% y en el cuarto ciclo existía un 91% de frutos

dulces y muy dulces. Tales resultados apoyan el hecho de que la selección masal participativa practicada *in situ* en calabaza pipiana, aumenta la

frecuencia de genes deseables para calidad de fruto maduro, lo que mejora la calidad de la pulpa del fruto disponible para consumo humano o animal.

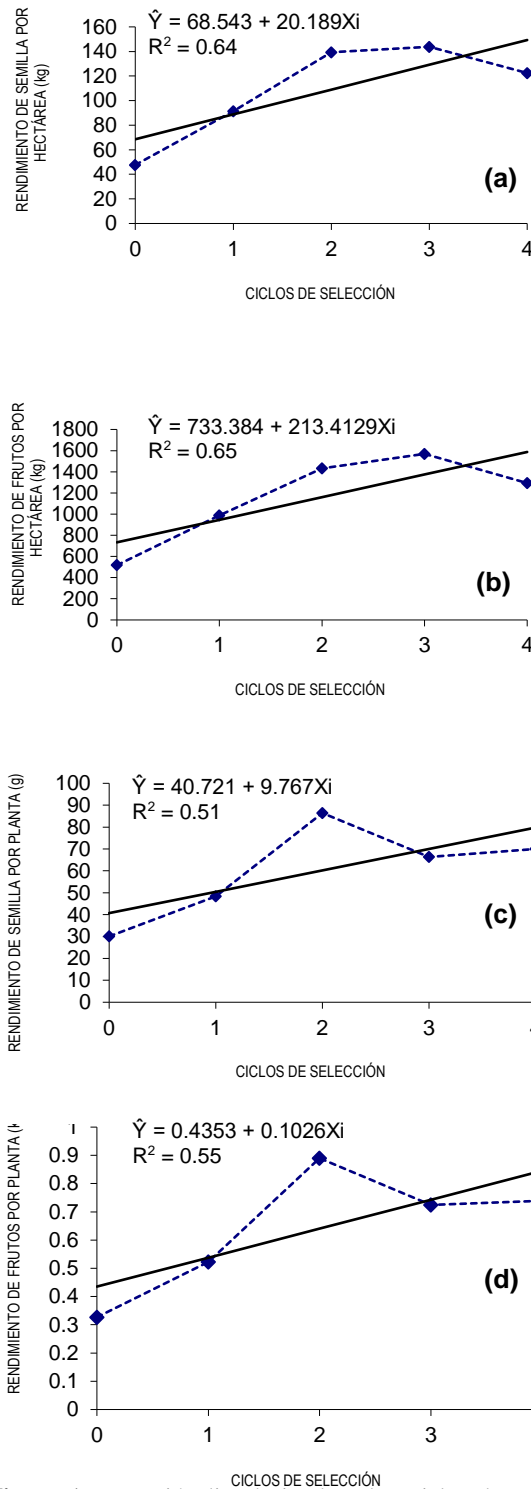


Figura 1. Regresión lineal simple sobre ciclos de selección masal participativa *in situ* en calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*) para: (a) rendimiento de semilla por hectárea; (b) rendimiento de frutos por hectárea; (c) rendimiento de semilla por planta y (d) rendimiento de frutos por planta.

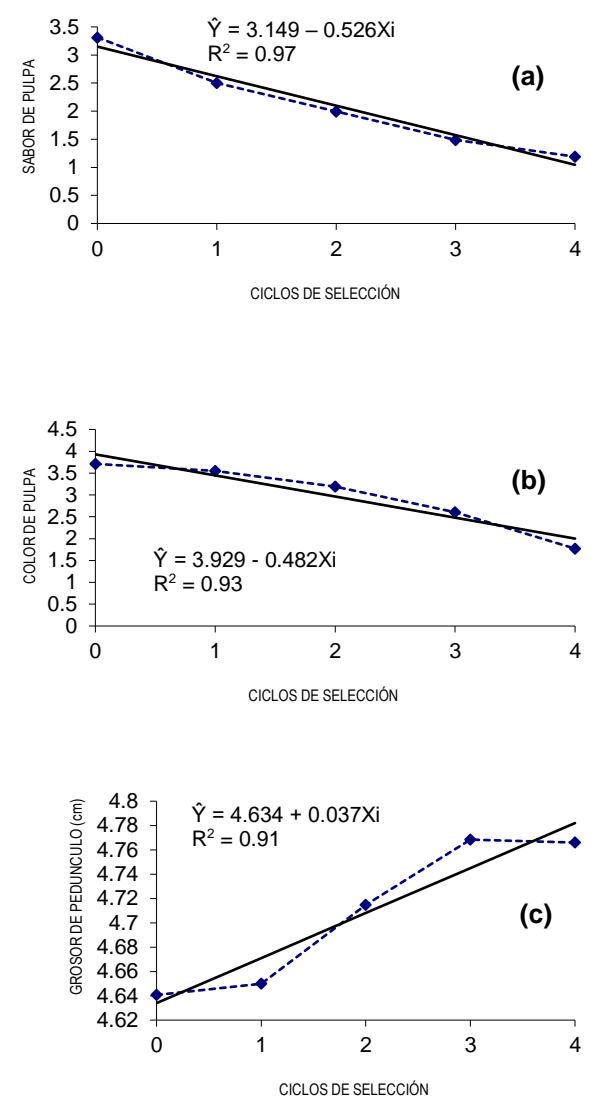


Figura 2. Regresión lineal simple sobre ciclos de selección masal participativa *in situ* en calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*) para: (a) sabor de pulpa; (b) color de pulpa y (c) grosor del pedúnculo.

Tabla 2. Cambios en la frecuencia de frutos de “calabaza pipiana” (*Cucurbita argyrosperma*) con diferente calidad según color y sabor de la pulpa. Achichipico, Morelos, México.

CARÁCTER	CICLOS DE SELECCIÓN				
	(C0, 1996)	(C1, 1997)	(C2, 1998)	(C3, 1999)	(C4, 2000)
	COLOR DE PULPA (%)				
Anaranjado intenso, amarillo intenso y amarillo	51.61	43.48	56.00	77.78	100.00
Amarillo pálido y amarillo verdoso	35.48	52.17	44.00	18.52	0.00
Verde pálido	12.90	4.35	0.00	3.70	0.00
	SABOR DE PULPA (%)				
Muy dulce	6.45	26.08	32.00	59.26	86.20
Dulce	22.58	39.13	40.00	25.92	10.34
Insípido	29.03	17.39	24.00	14.81	3.45
Medio agrio y agrio	41.93	17.39	4.00	0.00	0.00

(C0, 1996): variedad original; (C1, 1997); (C2, 1998); (C3, 1999) y (C4, 2000): primero, segundo, tercero y cuarto ciclo de selección, respectivamente.

Análisis de varianza para los caracteres evaluados

Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$), entre ciclos de selección para los caracteres de color (CPU) y sabor de pulpa (SPU); en tanto que para largo de fruto (LFR) y peso de semilla (PSE), las diferencias fueron al 5%. De ahí que el avance genético en largo de fruto fuera notable según lo mostrado por el análisis de regresión lineal. En el resto de los caracteres evaluados no se encontró significancia estadística (Tablas 3 y 4). Es importante señalar que en el año 2001 de la evaluación de los compuestos de selección de *C. argyrosperma*, sembradas en la región de Yecapixtla, Morelos se tuvieron problemas severos en campo por exceso de humedad lo que incidió en los resultados obtenidos.

Comparación de medias

Caracteres de fruto y pulpa. Para la mayoría de los caracteres en estudio no se encontró diferencia entre ciclos evaluados a excepción del carácter largo de fruto (LFR), donde la media más alta fue en el ciclo C₄ con 11.98 cm. El ciclo C₄ presentó valores en peso de fruto de 1606 kg fruto⁻¹ (Tabla 3); ancho de fruto con 16.42 cm fruto⁻¹ y para la variable rendimiento de fruto por hectárea, el mejor ciclo fue el C₃ con 1575.5 kg ha⁻¹ (Tabla 3). Sánchez *et al.* (2006) en una población seleccionada de calabaza pipiana obtuvieron un largo de fruto promedio de 13.1 cm, peso de fruto de 1712 g, ancho de fruto de 16.4 cm, resultados que son muy similares a los registrados en esta experiencia.

Hubo diferencias entre ciclos para los caracteres color y sabor de pulpa (Tabla 3). Para color de pulpa los mejores ciclos fueron C₃ y C₄ con medias de 2.57 y 1.75, respectivamente. Esto es destacable, ya que tanto en color como en sabor de pulpa el número 1 de

la escala representa la mejor calidad y números más altos son para calidades no deseadas; lo que denota un efecto positivo de la selección masal participativa en relación con esos dos caracteres de calidad, los cuales pasaron de sabores y colores poco agradables a más agradables.

Caracteres de semilla y planta. No se detectaron diferencias estadísticas significativas pero se encontró que las medias más altas numéricamente se tuvieron en el ciclo C₄ con valores para peso de semilla de 151.978 g fruto⁻¹; largo de semilla 2.635 cm; ancho de semilla 0.90 cm; rendimiento de semilla por hectárea de 143.90 kg ha⁻¹; rendimiento de frutos por planta 0.69 kg planta⁻¹ y rendimiento de semilla por planta 64.81 g (Tabla 4). La tendencia a la mejora de estos caracteres fue evidente; de allí que el efecto de la selección fuera positiva a pesar de los problemas suscitados por excesos de humedad. Sánchez *et al.* (2006) estimaron en calabaza pipiana 65.0 g de semilla por fruto, una longitud de semilla de 2.5 cm y un ancho de semilla de 0.90 cm, información concordante con la de este trabajo.

Análisis de correlaciones fenotípicas

El rendimiento de frutos por hectárea (RFPHA) y rendimiento de semilla por hectárea (RSPHA), presentaron una correlación positiva casi perfecta (0.99**). Lo mismo ocurrió entre el rendimiento de frutos por planta (RFPL) y rendimiento de semilla por planta (RSPL) (0.99**). Esto significa que cuando el rendimiento de frutos por planta o por hectárea aumenta, trae como consecuencia directa y proporcional un aumento en el rendimiento de semilla por hectárea. A su vez el rendimiento de frutos por hectárea (RFPHA), depende del rendimiento de frutos por planta (RFPL), presentando una correlación positiva y alta de 0.89**.

Otras correlaciones destacables fueron: Ancho de fruto y longitud de semilla (0.67**), peso de fruto y peso de semilla (0.54*), largo de fruto y peso de semilla (0.54*), longitud de semilla y ancho de semilla (0.48*). Sánchez *et al.* (2006) reportaron correlaciones positivas para ancho de fruto y longitud de semilla (0.59**), peso de fruto y peso de semilla (0.75**), largo de fruto y peso de semilla (0.42**), longitud de semilla y ancho de semilla (0.57**) lo que da confiabilidad a la información obtenida en este ensayo.

La asociación positiva entre CPU y SPU (0.73**) indica que al seleccionar frutos por colores deseables (amarillo y naranja) se mejora el contenido de azúcares que le confieren sabor agradable al fruto.

Aparecieron correlaciones negativas entre peso de fruto (PFR) y sabor de pulpa (SPU) (-0.62**); largo de fruto (LFR) y color de pulpa (CPU) (-0.58**); sabor de pulpa (SPU) con largo de fruto (LFR) (-0.66**). Además existió correlación negativa y significativa entre el rendimiento de frutos por hectárea (RFPHA) y sabor de pulpa (SPU) (-0.56**), indicando que la intensidad del sabor tiende a disminuir cuando se incrementa el rendimiento y viceversa; lo cual en esta variedad no representa ningún problema, ya que históricamente fue domesticada y seleccionada para especializarse en producción de semilla, aunque habría que indicar si los cascotes se utilizan en alimentación animal tendría que ponerse mayor atención en esa característica de calidad.

Tabla 3. Comparaciones múltiples de medias para cinco caracteres de fruto y tres de pulpa en una variedad criolla de calabaza pipiana (*C. argyrosperma*). Achichipico, Morelos, México.

CICLO DE SELECCIÓN	PFR (kg)	LFR (cm)	ANF (cm)	GPE (cm)	RFPHA (kg)	GPU (cm)	CPU	SPU
C ₀ (1996)	1.539a [†]	11.020b	16.047a	4.600a	516.5a	2.100a	3.675a	3.300a
C ₁ (1997)	1.544a	11.639ab	16.145a	4.650a	986.4a	2.175a	3.525a	2.475ab
C ₂ (1998)	1.564a	11.707ab	16.200a	4.675a	1430.2a	2.225a	3.150ab	1.975bc
C ₃ (1999)	1.568a	11.878a	16.260a	4.725a	1575.5a	2.225a	2.575bc	1.450c
C ₄ (2000)	1.606a	11.983a	16.412a	4.725a	1300.9a	2.275a	1.750c	1.150c
DMS	0.070	0.756	0.872	0.925	1544.8	0.560	0.910	0.969
β ₁	0.016	0.216	0.085	0.037	213.4	0.042	-0.480	-0.526
Δ _G (%)	1.030	1.960	0.530	0.800	41.3	2.020	-13.140	-15.930

PFR: peso de fruto; LFR: largo de fruto; ANF: ancho de fruto; GPE: grosor de pedúnculo; RFPHA: rendimiento de frutos por hectárea; GPU: grosor de pulpa; CPU: color de pulpa (1: anaranjado intenso, 2: amarillo intenso, 3: amarillo, 4: amarillo pálido, 5: amarillo verdoso, 6: verde pálido); SPU: sabor de pulpa (1: insípido, 2: medio agrio, 3: agrio, 4: dulce, 5: muy dulce); DMS: diferencia mínima significativa; β₁: coeficiente de regresión y Δ_G (%): avance genético en porcentaje promedio por ciclo de selección; (C₀, 1996): variedad original; (C₁, 1997): primer ciclo de selección; (C₂, 1998): segundo ciclo de selección; (C₃, 1999): tercer ciclo de selección y (C₄, 2000): cuarto ciclo de selección. [†]Letras iguales dentro de columnas no son significativamente diferentes.

Tabla 4. Comparaciones múltiples de medias para cuatro caracteres de semilla y tres de planta en una variedad criolla de calabaza pipiana (*C. argyrosperma*). Achichipico, Morelos.

CICLO DE SELECCIÓN	PSE (g)	LSE (cm)	ANS (cm)	RSPHA (g)	FPP	RFPL (kg)	RSPL (g)
C ₀ (1996)	141.745a [†]	2.552a	0.871a	47043.0a	0.4425a	0.3902a	35.48a
C ₁ (1997)	143.195a	2.567a	0.881a	91053.0a	0.3518a	0.5467a	50.48a
C ₂ (1998)	151.903a	2.588a	0.867a	121788.0a	0.5280a	0.9287a	90.21a
C ₃ (1999)	143.803a	2.561a	0.881a	139041.0a	0.0810a	0.7359a	67.20a
C ₄ (2000)	151.978a	2.635a	0.900a	143900.0a	0.4276a	0.6897a	64.81a
DMS	11.612	0.186	0.093	141716.0	0.5500	0.8369	77.42
β ₁	2.107	0.016	0.006	20188.6	-0.0301	0.1026	9.77
Δ _G (%)	1.490	0.630	0.680	42.9	-6.8400	26.3100	27.53

PSE: peso de semilla; LSE: longitud de semilla; ANS: ancho de semilla; RSPHA: rendimiento de semilla por hectárea; FPP: frutos por planta; RFPL: rendimiento de frutos por planta; RSPL: rendimiento de semilla por planta; DMS: diferencia mínima significativa; β₁: coeficiente de regresión y Δ_G (%): avance genético en porcentaje promedio por ciclo de selección; (C₀, 1996): variedad original; (C₁, 1997): primer ciclo de selección; (C₂, 1998): segundo ciclo de selección; (C₃, 1999): tercer ciclo de selección y (C₄, 2000): cuarto ciclo de selección. [†]Letras iguales dentro de columnas no son significativamente diferentes.

Tabla 5. Correlaciones fenotípicas entre caracteres de fruto y semilla en una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*) objeto de selección masal participativa en Achichipico, Morelos.

Caracteres	Correlación (r)	Caracteres	Correlación (r)
RFPHA, RSPHA	0.99**	PFR, PSE	0.54*
RFPL, RSPL	0.99**	LFR, PSE	0.54*
RFPHA, RFPL	0.89**	PFR, ANS	0.49*
RSPHA, RFPL	0.89**	ANF, ANS	0.49*
RSPHA, RSPL	0.88**	LSE, ANS	0.48*
RFPHA, RSPL	0.87**	FPP, RFPL	0.48*
CPU, SPU	0.73**	LFR, RSPL	0.47*
ANF, LSE	0.67**	SPU, RSPHA	-0.56*
LFR, RSPHA	0.65**	ANF, SPU	-0.52*
LFR, RFPHA	0.63**	ANF, CPU	-0.48*
LFR, SPU	-0.66**	CPU, RFPHA	-0.46*
PFR, SPU	-0.62**	CPU, RSPHA	-0.46*
LFR, CPU	-0.58**		
SPU, RFPHA	-0.56**		

PFR: peso de fruto (kg); LFR: largo de fruto (cm); ANF: ancho de fruto (cm); PSE: peso de semilla (g); LSE: longitud de semilla (cm); ANS: ancho de semilla (cm); RFPPA: rendimiento de frutos por hectárea (kg); RSPPA: rendimiento de semilla por hectárea (kg); RFPL: rendimiento de frutos por planta (kg); RSPL: rendimiento de semilla por planta (g); FPP: frutos por planta; GPU: grosor de pulpa (cm); CPU: color de pulpa (1: anaranjado intenso, 2: amarillo intenso, 3: amarillo, 4: amarillo pálido, 5: amarillo verdoso, 6: verde pálido); SPU: sabor de pulpa (1: insípido, 2: medio agrio, 3: agrio, 4: dulce, 5: muy dulce); *: diferencia significativa ($P \leq 0.05$); **: diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$).

CONCLUSIONES

Los caracteres de calabaza pipiana (*C. argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) que mostraron mayor respuesta por ciclo de selección masal fueron: rendimiento de semilla planta⁻¹ y por hectárea; rendimiento de frutos planta⁻¹ y por hectárea; sobresaliendo también la ganancia en sabor y color de pulpa.

Después de cuatro ciclos de selección masal participativa *in situ*, la variedad alcanzó un 100% de frutos con pulpa de colores anaranjado intenso, amarillo intenso ó amarillo; desapareciendo los colores amarillo pálido, amarillo verdoso y verde pálido. En la variedad original predominaba el sabor agrio de pulpa y debido a la selección, el compuesto del cuarto ciclo alcanzó una frecuencia de más del doble de frutos con sabor muy dulce y el sabor agrio desapareció de la población.

El análisis de varianza, solo detectó diferencia estadística significativa al 1% de probabilidad entre ciclos de selección para color y sabor de pulpa; y significativa ($P \leq 0.05$) para peso de semilla. El resto de caracteres evaluados, aún sin presentar significancia estadística tuvieron una clara tendencia numérica a incrementar permanente su magnitud, a través de ciclos.

Existió una correlación positiva casi perfecta entre rendimiento de frutos y rendimiento de semilla por hectárea (0.99**); y entre rendimiento de fruto y rendimiento de semilla por planta (0.99**), lo que sugiere que el rendimiento de semilla depende directamente del rendimiento de fruto.

REFERENCIAS

- Canul K., J.; Ramírez V., P.; Castillo G., F.; Chávez S., J. L. 2005. Diversidad morfológica de calabaza cultivada en el Centro-Oriente de Yucatán, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(4):339-349.
- Cardoso A., I.I. 2007. Seleçãõ recorrente para produtividade e qualidade de frutos em abobrinha braquítica. *Horticultura Brasileira* 25:143-148.
- Cerón G., L.; Legaria S., J.P.; Villanueva V., C.; Sahagún C., J. 2010. Diversidad genética en cuatro especies mexicanas de calabaza (*Cucurbita* spp.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(3):189-196.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2000. Estrategia Nacional Sobre Biodiversidad de México. México D. F. 103 p.
- Gollin, D.; Smale, M. 1999. Valuing Genetic Diversity: Crop Plants and Agroecosystems.

- pp. 237-265. *In: Biodiversity in Agroecosystems.* W. W. Collins; C. O. Qualset (eds.). CRC Press LLC. Florida, USA. 334 p.
- Hardon, J. 1996. Introduction and participatory plant breeding. Proceeding of a Workshop on Participatory Plant Breeding. International Plant Resources Institute. Wageningen. Netherland. 15 p.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2002. Anuario Estadístico del Estado de Morelos. Aguascalientes, México. 493 p.
- Lira S., R. 1995. Estudios Taxonómicos y Ecogeográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de Importancia Económica. Instituto de Biología, UNAM. México. 237 p.
- Méndez L., A.; Villanueva V., C.; Sahagún C., J.; Avitia G., E.; Colinas L., T.; Jamilena Q., M.; Rojas M., R.I. 2010. Obtención, caracterización y agrupamiento de genotipos partenocárpicos de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) tipo "Round Zucchini". Revista Chapingo. Serie Horticultura. 16(2):123-131.
- Meneses M., I.; Villanueva V., C.; Sahagún C., J.; Vázquez R., T.; Merrick L. C. 2002. Componentes de varianza genética y respuesta a la selección combinada en calabaza (*Cucurbita pepo* L.) bajo el sistema milpa. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 8:5-23.
- Meneses M., I.; Villanueva V., C.; Sahagún C., J. 2009. Cambios en la calidad de fruto maduro en una población sintética de calabaza (*Cucurbita pepo* L.). Revista Chapingo. Serie Horticultura. 15(3):269-274.
- Montes H., S. 1991. Calabazas (*Cucurbita* spp.). *In: Avances en el estudio de los Recursos Fitogenéticos de México.* R. Ortega, P., G. Palomino, H., F. Castillo, G., V. A. González, H. y M. Livera M. (eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética. pp. 239-250.
- Rodríguez A., R.; Montes H., S.; Rangel L., J.A.; Mendoza E., M.; Latournerie M., L. 2009. Caracterización morfológica de la calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber). Agricultura Técnica en México 35(4):379-389.
- 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.
- Sánchez H., M.A.; Mejía, C.A.; Villanueva, V.C.; Sahagún, C.J.; Muñoz, O.A.; Molina G., J. D. 2004. Selección combinada de genotipos de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) en el sistema milpa. Revista Chapingo. Serie Horticultura 10:57-66.
- Sánchez H., M. A.; Mejía C. A. Villanueva V. C.; Sahagún C. J.; Muñoz O. A.; Molina G., J. D. 2006. Estimación de parámetros genéticos en calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber). Revista Fitotecnia Mexicana 29(2):127-136.
- Sánchez H., C.; Villanueva V., C. Sahagún C., J.; Martínez S., J.; Legaria S., J.P.; Sánchez H., M. A. 2011. Efectos de aptitud combinatoria en híbridos de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) tipo Grey Zucchini. Revista Chapingo. Serie Horticultura 17(2):89-103.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2018. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en: http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ Consultado el 10 de Mayo de 2018.
- Villanueva V., C. 2007. Calabazas cultivadas. Identificación de especies, caracterización y descripción varietal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 123 p.
- Vildózola T., J.L. 1998. Caracterización y Selección in situ de una Población de calabaza Pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*) en Achichipico, Morelos. Tesis de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo, México. 62 p.