

## RESPUESTA A LA SELECCIÓN MASAL PARTICIPATIVA EN CALABAZA DE DULCE (*Cucurbita moschata* DUCH.)

Clemente Villanueva-Verduzco<sup>1</sup>; Miguel Ángel Sánchez-Hernández<sup>2\*</sup>;  
Irma Sánchez-Cabrera<sup>3</sup>; Jaime Sahagún-Castellanos<sup>1</sup>;  
Gema Parra-Benavides<sup>1</sup>; Evert Villanueva-Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, MÉXICO. C. P. 56230.

<sup>2</sup>Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n, Ciudad Universitaria. Loma Bonita, Oaxaca, MÉXICO. C. P. 68400. Tel. 01 (281) 872 9230.  
Correo-e: msanchez@unpa.edu.mx (\*Autor para correspondencia)

<sup>3</sup>Colegio de Postgraduados. km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Texcoco, Estado de México, MÉXICO. C. P. 56230.

### RESUMEN

Se realizó un experimento en Achichipico, Morelos, México con el fin de evaluar el avance genético *in situ* de cuatro ciclos de selección masal participativa con respecto de la variedad original en una población de calabaza de dulce (*Cucurbita moschata* Duch.), en la asociación maíz-calabaza, utilizando un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se estableció un surco de calabaza cada cuatro de maíz, en surcos de 20 m de largo espaciados a 0.9 m. Se estimó el avance genético por ciclo de selección y se hizo un análisis de varianza para catorce caracteres de planta, fruto y semilla. Se obtuvo ganancia genética por ciclo de selección en color de pulpa (14.1 %), sabor de pulpa (11.8 %), rendimiento de frutos por hectárea (11.8 %), rendimiento de frutos por planta (9.8 %), peso de fruto (6.5 %) y rendimiento de semilla por hectárea (5.1 %). El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas entre ciclos de selección para ancho de fruto, color y sabor de pulpa, El resto de caracteres no presentaron diferencias. Sin embargo, existió una clara tendencia numérica al incremento permanente en su magnitud.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** Cucurbitaceae, Maíz-calabaza, Sistema milpa, Conservación *in situ*.

### RESPONSE TO PARTICIPATORY MASS SELECTION IN SWEET SQUASH (*Cucurbita moschata* DUCH.)

### ABSTRACT

An experiment was conducted in Achichipico, Morelos, Mexico, to assess *in situ* the genetic gain of four cycles of participatory mass selection, with regard to the original variety, in a sweet squash population (*Cucurbita moschata* Duch.) intercropped with maize. The experimental design was a randomized block design with four replications. After every four rows of maize, one row of squash without maize was sown in rows 0.9 m apart and 20 m long. Genetic gain was calculated for each selection cycle and an analysis of variance was performed on data of fourteen plant, fruit and seed traits. Genetic gain per selection cycle in flesh color and flavor was 14.1 % and 11.8 %, respectively; in fruit yield per hectare (11.8 %), fruit yield per plant (9.8 %), fruit weight (6.5 %) and seed yield per hectare (5.1 %). The analysis of variance detected highly significant differences among selection cycles only for fruit width, flesh color and flavor, while the other traits were not statistically different. A clear upward numerical trend was observed.

**ADDITIONAL KEYWORDS:** Cucurbitaceae, Maize-Squash, Milpa system, *In situ* conservation.

## INTRODUCCIÓN

La calabaza es un cultivo americano de gran importancia alimenticia como fuente de vitaminas y carbohidratos. Pertenece a la familia de las Cucurbitáceas, de las que hay registro de 27 especies, todas originarias de zonas tropicales y subtropicales de América (Lang y Ermini, 2010). La familia Cucurbitaceae se compone de 80 géneros y más de 800 especies (Olinik *et al.*, 2011). Es una de las familias de plantas más importantes por el aporte de productos comestibles y fibras de uso (Aliu *et al.*, 2011).

Las especies cultivadas del género *Cucurbita* (*C. pepo* L., *C. argyrosperma* Huber, *C. ficifolia* Bouché y *C. moschata* Duch.) prosperan de manera extensiva en los sistemas de policultivo conocidos en México y Centroamérica como milpas, y proporcionan flores masculinas y femeninas, frutos tiernos, puntas de guía, fruto maduro y semillas (Villanueva, 2007). Algunas variantes de cada una de las especies del género *Cucurbita* cultivadas se establecen en sistemas más intensivos en traspatios, huertos o solares (Lira, 1995).

La calabaza de dulce (*Cucurbita moschata* [Duchesne ex Lam.] Duchesne ex Poir), es una de las cinco especies del género *Cucurbita* que se domesticó en eventos independientes o simultáneos en Mesoamérica y Sudamérica (Restrepo *et al.*, 2008). Tiene una participación significativa en la alimentación de muchos países. La forma más difundida de consumirla es como dulce, en pasteles, en sopas, hervida o asada (Lira, 1995; Jacobo *et al.*, 2011). Se le llama también calabaza de invierno y cocida es un alimento de excelente calidad, ya que contiene carbohidratos, vitamina A, Vitamina B2,  $\alpha$ -tocoferol, vitamina C y E, aminoácidos, flavonoides, fósforo, minerales ( $K^+$ ) y sólo 17 Kcal por cada 100 g de pulpa fresca (Estrada *et al.*, 2010; Jacobo *et al.*, 2011), además de propiedades medicinales. En México anualmente se siembran 5,773 ha de calabaza para fruto maduro con un rendimiento promedio de 16.8 t·ha<sup>-1</sup> (Anónimo, 2011).

En el sistema milpa, los agricultores seleccionan los materiales de *C. moschata* a utilizar para el siguiente ciclo de siembra tomando en cuenta el tamaño de fruto, color y sabor de pulpa, cantidad y tamaño de semilla, así como la capacidad de los frutos para permanecer bajo condiciones de almacenamiento. Este mejoramiento *in situ* conserva y amplía la diversidad genética en las parcelas de los propios agricultores, y perpetúa el germoplasma local que depende sólo de las lluvias (Lira, 1995). Estrada *et al.* (2010) indican que en la mayor parte de las áreas donde se cultiva *C. moschata* se utilizan variedades criollas, locales o regionales, seleccionadas por los agricultores, quienes buscan buena adaptabilidad. Dichas variedades tienen un alto grado de variación fenotípica en formas y colores de fruto, tipo de crecimiento, calidad de la pulpa, comportamiento agronómico, sanidad y calidad de los frutos con rendimientos poco predecibles.

## INTRODUCTION

Squash is a highly important American food crop as a source of vitamins and carbohydrates. Belonging to the family of Cucurbitaceae, 27 species have been registered, all are native of the tropical and subtropical regions of America (Lang and Ermini, 2010). The Cucurbitaceae family comprises 80 genera and more than 800 species (Olinik *et al.*, 2011). It is one of the most important plant families because of its contribution in food and fiber products (Aliu *et al.*, 2011).

The cultivated species of the genus *Cucurbita* (*C. pepo* L., *C. argyrosperma* Huber, *C. ficifolia* Bouché and *C. moschata* Duch.) prosper extensively in polycropping systems known in Mexico and Central America as "milpas". They provide edible masculine and feminine flowers, young fruits, tendrils, ripe fruit and seeds (Villanueva, 2007). Some variants of each of the cultivated species of the *Cucurbita* genus are established in more intensive systems in home gardens (Lira, 1995).

Sweet squash (*Cucurbita moschata* [Duchesne ex Lam.] Duchesne ex Poir) is one of the five species of the genus that was domesticated independently or simultaneously in Central and South America (Restrepo *et al.*, 2008) and is significant in the diet of people in many countries. The most widespread forms of preparing it are as a candy, in cakes, in soups, boiled or broiled (Lira, 1995; Jacobo *et al.*, 2011). It is also known as winter squash, and cooked, it is a food of excellent quality containing carbohydrates, vitamin A, vitamin B2,  $\alpha$ -tocopherol, vitamins C and E, amino acids, flavonoids, phosphorus, minerals ( $K^+$ ) and only 17 Kcal per 100 g of fresh pulp (Estrada *et al.*, 2010; Jacobo *et al.*, 2011). Moreover, it also has medicinal properties. In Mexico, 5,773 ha of winter squash (harvested ripe) are planted yearly with an average yield of 16.8 t ha<sup>-1</sup> (Anónimo, 2011).

In the milpa system, farmers select *C. moschata* materials to be used in the following crop cycle considering fruit size, pulp color and taste, and seed quantity and size, as well as the capacity of the fruit to keep under storage conditions. *In situ* improvement preserves and broadens genetic diversity in farmers' plots and perpetuates local germplasm that depends only on rain (Lira, 1995). Estrada *et al.* (2010) indicate that in most of the areas where *C. moschata* is cultivated, local or regional landraces are used; these have been selected by farmers who seek adaptability. These varieties have a high degree of phenotypic variation in terms of fruit shapes and colors, growth habit, pulp quality, agronomic performance, health and quality of the fruits, and unpredictable fruit yields.

It is for these reasons that genetic improvement of *C. moschata* should have priority for the farmer and, in general, for the national horticultural sector. In this way, new cultivars can be generated in accord with the needs and expectations of the farmer, contributing to the country's

Por lo anterior, el mejoramiento genético de *C. moschata* debe ser una prioridad para el agricultor, y en general, para el sector hortícola nacional. Con ello se busca generar nuevos cultivares acordes con las necesidades y expectativas del campesino y contribuir con el desarrollo agrícola del país al disponer de cultivares propios, adaptados y desarrollados específicamente para la agricultura mexicana. Esto llevaría a no depender del mercado de semillas importadas (Estrada *et al.*, 2010).

Así, los programas de mejoramiento genético que se implementen deberán aprovechar la variabilidad genética existente en calabaza, ya que dicha variabilidad se ha mantenido por los agricultores haciendo selección para caracteres morfológicos específicos (Aliu *et al.*, 2011). En *C. moschata*, puesto que la pulpa es el componente de uso principal, se deberá obtener mayor proporción de ésta estandarizando la forma y tamaño de los frutos (Montes, 1978). No se debe dejar de lado la identificación de cultivares para producción de fruto inmaduro, uniformidad de producción y precocidad. El hábito de crecimiento puede ser de mata, mata expandida o de guía, pero que no sean plantas con ramas muy largas, para no ocupar espacios amplios, lo que ayudaría a ajustar densidades de siembra y tener un buen control sobre malezas, plagas y enfermedades (Cardoso, 2007; Lang y Ermini, 2010).

Por la naturaleza local de los sistemas agrícolas tradicionales que imperan en México, así como por la complejidad de sistemas de producción que están en manos de pequeños productores, se sugiere un enfoque de investigación participativa, que se aproxime al conocimiento de la realidad agroecológica de las comunidades rurales, involucrando a los agricultores en todas las etapas del proceso productivo. Respondiendo a esta necesidad, del año 1996 al 2002 se desarrolló en la Universidad Autónoma Chapingo un programa de mejoramiento genético de calabazas criollas, donde se incluyó a *C. moschata*, que fue objeto de mejoramiento participativo *in situ* en el sistema milpa. Dicho programa fue financiado por "The McKnight Foundation" de Minnesota, Estados Unidos de América.

Como parte de ese proyecto, en el presente estudio se realizó una evaluación de la respuesta obtenida a través de cuatro ciclos de selección masal participativa *in situ*, respecto de la variedad original, en una población de calabaza de dulce colectada en el año 1996 en Jantetelco, Morelos y seleccionada en Achichipico, Morelos, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del sitio experimental

El experimento se estableció en el año 2001 en Achichipico, Yecapixtla, Morelos, México, localizado en las coordenadas 18° 57' N, 98° 50' O, a 1,690 msnm. El clima en este lugar es húmedo, semicálido con lluvias de junio a

agricultural development by making available its own cultivars that are adapted and developed specifically for Mexican agriculture, making it independent of the imported seed market (Estrada *et al.*, 2000).

Breeding programs should take advantage of the genetic variability of squash that has been preserved by farmers who select for specific morphological traits (Aliu *et al.*, 2011). Since the pulp of *C. moschata* is the main component used, a higher proportion of it should be obtained, standardizing fruit shape and size (Montes, 1978). Identification of cultivars for immature fruit production should not be neglected, selecting for uniformity in production and earliness. Growth habit can be bush, extended bush or vine, but they should not be plants with long branches that would occupy space; this would facilitate adjusting plant density and control of weeds, pests and diseases (Cardoso, 2007; Lang and Ermini, 2010).

Because of the local nature and complexity of the traditional agricultural systems that prevail in Mexico, which are farmed by small producers, participatory research approach is suggested to access the agroecological reality of the rural communities and to involve farmers in all of the stages of the productive process. In response to this need, from 1996 to 2002 the Universidad Autónoma Chapingo implemented a genetic breeding program for squash landraces, including *C. moschata*, which was the object of *in situ* participatory improvement in the milpa system. This program was funded by "The McKnight Foundation" of Minnesota, United States of America.

As part of this project, this paper describes the assessment of the response obtained over four participatory mass selection cycles *in situ*, relative to the original variety of a sweet squash population collected in 1996 in Jantetelco, Morelos, and selected in Achichipico, Morelos, México.

## MATERIALS AND METHODS

### Experimental site

The experiment was set up in 2001 in Achichipico, Yecapixtla, Morelos, México, located at the coordinates 18° 57' N, 98° 50' W, 1,690 masl. The climate is warm and humid, with rains from June to October. Average temperature is 19.6 °C and yearly precipitation is 800 - 1000 mm. Soils are mostly Regosols (Anónimo, 1997).

### Plant material

The plant material evaluated was the original variety of the local sweet squash landrace (*C. moschata* Duch.) and those composed from *in situ* selection of the first to fourth cycle. The local landrace was collected in Jantetelco, Morelos, and cultivated by Mr. Serafín Vidal, in Achichipico, Morelos, in association with the local maize landrace belonging to the same farmer. The maize was also subjected to

octubre. La temperatura promedio es de 19.6 °C, con una precipitación de 800-1000 mm. Los suelos son regosoles, en su mayoría (Anónimo, 1997).

### Material vegetal evaluado

El material vegetal evaluado fue la variedad original y los compuestos del primero al cuarto ciclo de selección participativa *in situ* de la variedad criolla local de calabaza de dulce (*C. moschata* Duch.) colectada en Jantetelco, Morelos y cultivada por el Sr. Serafín Vidal, en Achichipico, Morelos, en asociación con el maíz criollo del mismo agricultor, el cual también se sometió a selección masal, en una superficie de 2,500 m<sup>2</sup>. Los cuatro ciclos de selección son el resultado del mejoramiento participativo aplicado como parte del proyecto "milpa" de la Fundación McKnight, en México. En el año 2001 también se obtuvo el quinto ciclo de selección de *C. moschata*, sólo que éste no se incluyó en el experimento de evaluación, ya que se desarrolló en el mismo ciclo de cultivo.

### Diseño y unidad experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, donde la unidad experimental estuvo constituida por un surco de 20 m, en el cual se sembraron cinco semillas cada dos metros para finalmente aclarear a tres plantas por mata. El distanciamiento entre surcos fue de 90 cm. Se estableció un surco de calabaza sola cada cuatro surcos de maíz, con lo que se tuvo una densidad de población de calabaza de 3,333 plantas·ha<sup>-1</sup> y 53,330 plantas de maíz por hectárea. En el año 2001 se hizo el arreglo de cuatro surcos de maíz por uno de calabaza debido a lo reducido del terreno experimental. El arreglo que se venía usando normalmente fue de cinco surcos de maíz por uno de calabaza, ambos en unicultivo a lo largo del surco.

### Caracteres en estudio

Las variables peso de fruto (PFR) en kilogramos, y peso de semilla por fruto (PSE), en gramos, se registraron en una balanza digital con capacidad para 40 kg. El grosor de pulpa (GPU), largo de fruto (LFR) y ancho de fruto (AFR), todas en centímetros, se midieron con una regla metálica de 50 cm. Al evaluar ancho de semilla (ASE) y longitud de semilla (LSE), en centímetros, se midió una muestra aleatoria de diez semillas, para obtener un promedio individual. El número de frutos por planta (FPP) fue contabilizado al momento de la cosecha. El color de la pulpa (CPU) en todos los frutos de cada ciclo de selección se determinó con la siguiente escala: 1 = anaranjado intenso, 2 = anaranjado, 3 = amarillo intenso, 4 = amarillo, 5 = amarillo pálido, 6 = blanco. Para sabor de pulpa (SPU) se degustó un pedazo de pulpa de cada uno de los frutos y se calificó conforme la escala 1 = muy dulce, 2 = dulce, 3 = insípido.

mass selection on an area of 2,500 m<sup>2</sup>. The four selection cycles are the result of participative plant breeding as part of the Milpa Project of the McKnight Foundation in Mexico. In 2001, a fifth selection cycle of *C. moschata* was also obtained; this, however, was not included in the assessment study since it was grown in the same crop cycle.

### Experimental design and unit

An experimental design of random blocks was used with four replications. The experimental unit was one 20 m row in which five seeds were planted every two meters and later thinned to 3 plants. Spacing between rows was 90 cm. One row of squash alone was planted after every four rows of maize, resulting in squash population density of 3,333 plants·ha<sup>-1</sup> and 53,330 plants ha<sup>-1</sup> maize. In 2001 the arrangement of four rows of maize and one of squash was due to the limited size of the experimental plot. The arrangement that is normally used is five rows of maize alone and one of squash alone.

### Traits under study

The variables fruit weight (PF) in kg and seed weight per fruit (PSE) in g were determined with a 40 kg capacity digital balance. Pulp thickness (GPU), fruit length (LFR) and fruit width (AFR), all in cm, were measured with a 50 cm metal ruler. Seed width (ASE) and length (LSE) were measured in cm on a random sample of ten seeds and averaged. The number of fruits per plant (FPP) was counted at harvest. Pulp color (CPU) was determined in all fruits of each selection cycle with the following scale: 1 = intense orange, 2 = orange, 3 = intense yellow, 4 = yellow, 5 = pale yellow, 6 = white. For pulp flavor (SPU), a piece of pulp from each of the fruits was tasted and graded on the scale 1 = very sweet, 2 = sweet, 3 = insipid.

Fruit yield per hectare (RFPHA), in kilograms, and seed yield per hectare (RSPHA), in kilograms, were estimated from fruits yield per plant (RFPL) in kilograms and seed yield per plant (RSPL) in grams. This was done by extrapolating the yield obtained in a 20 linear m plot to one hectare.

### Statistical analysis

For the analysis of variance of random blocks, the following linear model was used:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Where:

$Y_i$  = response variable

$\mu$  = general experiment mean

$\tau_i$  = effect attributed to the *i*th treatment

$\beta_j$  = effect of the *j*<sup>th</sup> block

$\varepsilon_{ij}$  = effect attributed to experimental error



A partir del rendimiento de frutos por planta (RFPL), en kilogramos, y del rendimiento de semilla por planta (RSPL), en gramos, se estimó el rendimiento de frutos por hectárea (RFPHA), en kilogramos, y el rendimiento de semilla por hectárea (RSPHA), en kilogramos. Para ello se extrapoló a una hectárea el rendimiento obtenido en una parcela de 20 m lineales.

### Análisis estadístico

Para el análisis de varianza de bloques al azar se usó el modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = variable respuesta

$\mu$  = media general del experimento

$\tau_i$  = efecto atribuido al i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = efecto atribuido al error experimental

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:

$\hat{Y}_i$  = valor estimado para el carácter de interés

$X_i$  = i-ésimo ciclo de selección

$\hat{\beta}_0$  = ordenada al origen

$\hat{\beta}_1$  = coeficiente de regresión

Este último se consideró como el avance genético ( $\Delta_G$ ) promedio por ciclo de selección. Así, el avance genético se calculó en la forma:

$$\Delta_G = \frac{\hat{\beta}_1}{\bar{C}_0} \times 100$$

Donde:

$\hat{\beta}_1$  = estimador del coeficiente de regresión lineal simple

$\bar{C}_0$  = media del carácter en la variedad original

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de varianza

Los resultados del análisis de varianza (datos no mostrados) para los ciclos de selección muestran diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para los caracteres ancho

The response to selection was obtained per cycle from the slope of the simple linear regression line with the formula:

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

Where:

$\hat{Y}_i$  = estimated value for the trait of interest

$X_i$  = ith selection cycle

$\hat{\beta}_0$  = ordinate to intercept

$\hat{\beta}_1$  = coefficient of regression

The last of these was considered the average genetic gain ( $\Delta_G$ ) per selection cycle. Thus, genetic gain was calculated in the following way:

$$\Delta_G = \frac{\hat{\beta}_1}{\bar{C}_0} \times 100$$

Where:

$\hat{\beta}_1$  = simple linear regression estimator

$\bar{C}_0$  = trait mean in the original variety

## RESULTS AND DISCUSSION

### Analysis of variance

The results of the analysis of variance (data not shown) for the selection cycles show highly significant differences ( $P \leq 0.01$ ) for the traits fruit width (ANF), pulp color (CPU) and pulp flavor (SPU), while for fruit weight (PFR) the difference between selection cycles was significant ( $P \leq 0.05$ ). The differences found indicate the existence of additive genetic variance in these traits as response to selection. This is consistent with the results of Sánchez *et al.* (2006), who found significant differences ( $P \leq 0.05$ ) between families of *C. argyrosperma* for thirteen traits, among which were fruit width, pulp color and flavor, and fruit and seed weight; they sustain the idea that finding statistical significance for families is indicative of the existence of additive genetic variance. Lang and Ermini (2010), in assessing the results of different planting densities of *C. moschata*, found highly significant differences ( $P \leq 0.01$ ) for the traits number of fruits per plant and total yield in fruit weight per plant.

### Response to selection

The traits that exhibited better positive response per participatory mass selection cycle *in situ* of sweet squash were fruit yield per hectare 1,533.76 kg (11.8 %); fruit yield per plant 0.47 kg (9.8 %); fruit weight 0.31 kg (6.5 %); seed yield per hectare 43,352.7 g (5.1 %); pulp thickness 0.13 cm (3.7 %); seed yield per plant 11.23 g (3.6 %); fruit width 0.75 cm (3.2 %), and number of fruits

de fruto (ANF), color de pulpa (CPU) y sabor de pulpa (SPU), mientras que para peso de fruto (PFR) la diferencia entre ciclos de selección fue significativa ( $P \leq 0.05$ ). Las diferencias encontradas indican la existencia de varianza genética aditiva en dichos caracteres, dada su respuesta a la selección practicada. Esto es consistente con los resultados de Sánchez *et al.* (2006), quienes en *C. argyrosperma* reportaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre familias para trece caracteres, entre ellos ancho de fruto, color y sabor de pulpa, peso de fruto y de semilla, y sostienen la idea de que el encontrar significancia estadística para familias es indicativo de la existencia de varianza genética aditiva. Lang y Ermini (2010), al evaluar diferentes densidades de siembra en *C. moschata*, encontraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para los caracteres número de frutos por planta y rendimiento total en peso de frutos por planta.

### Respuesta a la selección

Los caracteres que mostraron mayor respuesta positiva por ciclo de selección masal participativa *in situ* en calabaza de dulce fueron rendimiento de fruto por hectárea, 1,533.76 kg (11.8 %); rendimiento de frutos por planta, 0.47 kg (9.8 %); peso de fruto, 0.31 kg (6.5 %); rendimiento de semilla por hectárea, 43,352.7 g (5.1 %); grosor de pulpa, 0.13 cm (3.7 %); rendimiento de semilla por planta, 11.23 g (3.6 %); ancho de fruto, 0.75 cm (3.2 %), y número de frutos por planta, 0.024 (2.3 %) (Cuadro 1, Figuras 1 y 2). Estrada *et al.* (2010), en tres ciclos de selección recurrente fenotípica, obtuvieron buena respuesta en los caracteres producción por planta ( $\Delta G = 30$  %), prolificidad ( $\Delta G = 80$  %) y grosor de pulpa ( $\Delta G = 20$  %).

Los resultados de este estudio se explican porque en *C. moschata* se ha encontrado que la heredabilidad es alta para número de frutos por planta ( $h^2 = 66.0$  %), peso de fruto ( $h^2 = 85.6$  %), ancho de fruto ( $h^2 = 64.4$  %) y grosor de pulpa ( $h^2 = 71.2$  %), según lo demostraron Bezerra *et al.* (2006). Esto sugiere que los esquemas de selección masal pueden aplicarse con éxito en esta especie. Sánchez *et al.* (2000), en calabaza pipiana (*C. argyrosperma*), obtuvieron una respuesta positiva por ciclo de selección participativa *in situ* para grosor de pulpa (0.14 cm) y ancho de semilla (0.02 cm). Meneses *et al.* (2002), en calabaza (*C. pepo*), encontraron una respuesta esperada positiva a la selección combinada para peso de semilla de 154.37 g (1997) y 60.9 g (1998), y en peso de fruto hubo una respuesta de 1.3 kg (1997) y 1.13 kg (1998). En número de frutos por planta la respuesta que estimaron por ciclo fue de 0.09 y 0.08 para los años indicados.

### Cambios en la frecuencia de frutos maduros

#### Color de pulpa

En la variedad original, año 1996, predominaron los colores de pulpa anaranjado intenso, anaranjado y amarillo intenso, que sumaron el 50 %, seguidos de aquellos que

per plant 0.024 (2.3 %) (Table 1; Figures 1 and 2). Estrada *et al.* (2010), obtained good response for production traits per plant ( $\Delta G = 30$  %), prolificacy ( $\Delta G = 80$  %), and pulp thickness ( $\Delta G = 20$  %) in three phenotypic recurrent selection cycles.

The results of this study explain why heritability in *C. moschata* has been found to be high for the number of fruits per plant ( $h^2 = 66.0$  %), fruit weight ( $h^2 = 85.6$  %), fruit width ( $h^2 = 64.4$  %) and pulp thickness ( $h^2 = 71.2$  %), as was demonstrated by Bezerra *et al.* (2006). This suggests that mass selection schemes can be applied successfully to this species. Sánchez *et al.* (2000), in "pipian" squash (*C. argyrosperma*), obtained positive response per participatory selection *in situ* for pulp thickness (0.14 cm) and seed width (0.02 cm). Meneses *et al.* (2002), with (*C. pepo*), found an expected positive response to combined selection for seed weight 154.37 g (1997) and 60.9 g (1998), and for fruit weight, there was a response of 1.3 kg (1997) and 1.13 kg (1998). In number of fruits per plant, the estimated response per cycle was 0.09 and 0.08 in the same years.

### Changes in frequency of mature fruits

#### Pulp color

The pulp of the original variety, year 1996, were predominantly (50 %) intense orange, orange and intense yellow, followed by those with yellow and pale yellow pulp (45 %) and in a lower proportion fruits with white pulp (5 %). In the fourth selection cycle, year 2000, 100 % fruits with intense orange, orange or intense yellow was achieved. Fruits with yellow, pale yellow and white pulp completely disappeared (Table 2). Estrada *et al.* (2010), selecting and recombining *C. moschata*, selected fruits with intense yellow to orange pulp. This is understandable since, according to Tobar *et al.* (2010), the desirable color of *C. moschata* fruits is yellow to salmon. This is because pulp color is directly related to beta-carotene content, an indicator of high nutritive value with antioxidant properties.

#### Pulp flavor

In 1996, in the original variety, a high percentage of sweet fruits, 55 %, were found, while 45 % were insipid. In 2000, in the fourth selection cycle, because of the positive effect of selection, fruits with very sweet and sweet flavor predominated, 75 and 25 %, respectively, and the insipid population disappeared (Table 2). Meneses *et al.* (2009) studied changes in mature fruit quality of a synthetic population of *C. pepo* squash. They found 69.0 % insipid fruits in the first selection cycle, 61.6 % sweet and very sweet fruits in the second cycle. By the third cycle these made up 66.3 % and in the fourth cycle 91 % were sweet and very sweet. These results confirm that participatory mass selection *in situ* can increase the frequency of desirable genes for mature fruit pulp quality.

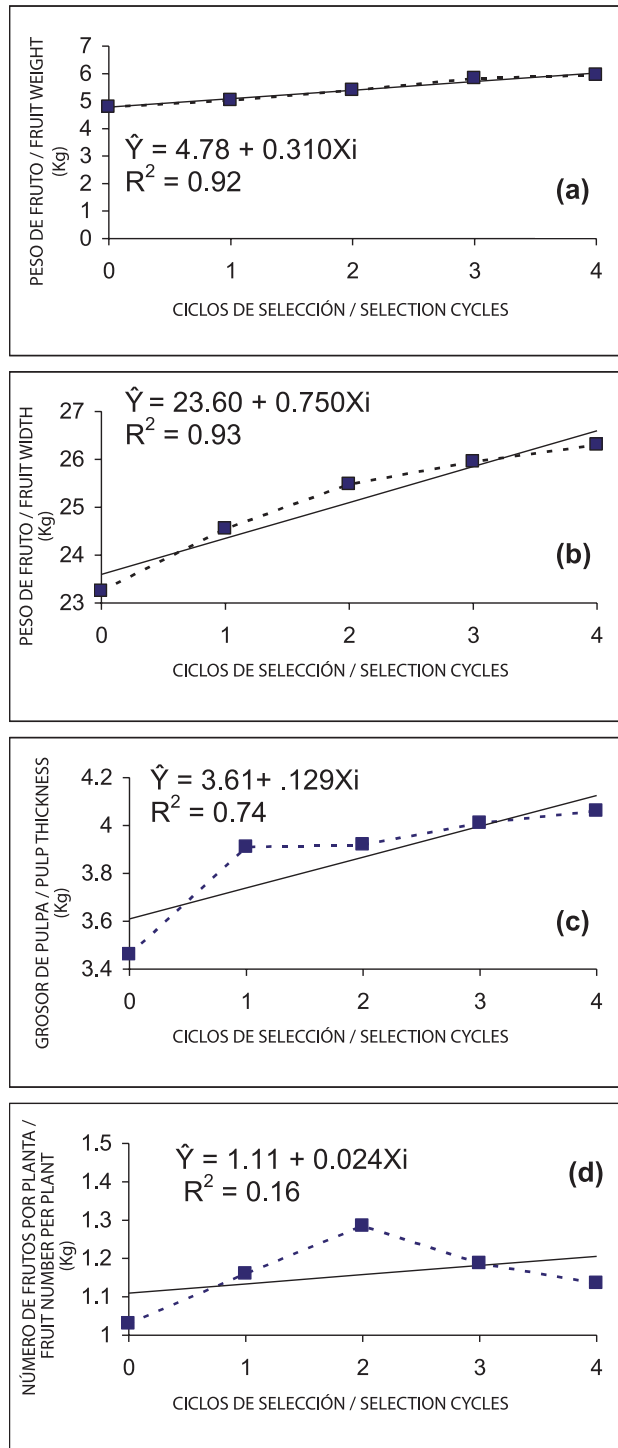


FIGURA 1. Regresión lineal simple sobre ciclos de selección masal participativa en calabaza de dulce (*Cucurbita moschata*) para (a) peso de fruto; (b) ancho de fruto; (c) grosor de pulpa y (d) número de frutos por planta.

FIGURE 1. Simple linear regression on participatory mass selection cycles in sweet squash (*Cucurbita moschata*) for (a) fruit weight; (b) fruit width; (c) pulp thickness and (d) number of fruits per plant.

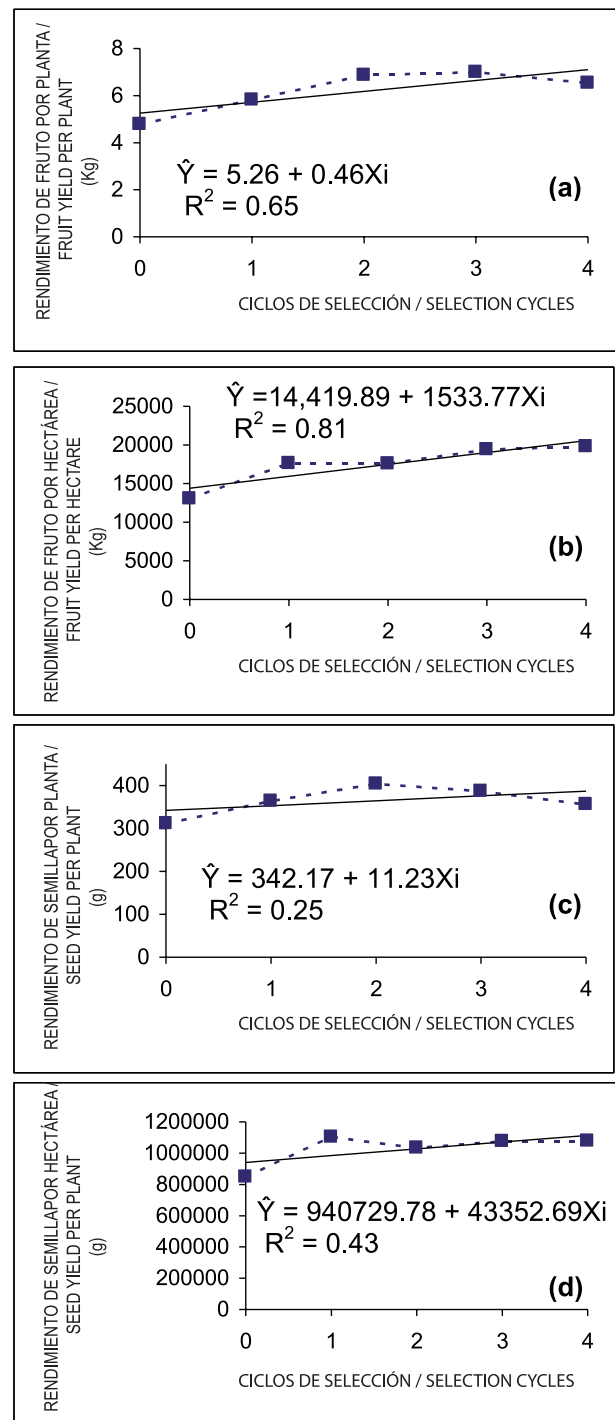


FIGURA 2. Regresión lineal simple sobre ciclos de selección masal participativa en calabaza de dulce (*Cucurbita moschata*) para (a) rendimiento de frutos por planta; (b) rendimiento de frutos por hectárea; (c) rendimiento de semilla por planta y (d) rendimiento de semilla por hectárea.

FIGURE 2. Simple linear regression on participatory mass selection cycles in sweet squash (*Cucurbita moschata*) for (a) fruit yield per plant; (b) fruit yield per hectare; (c) seed yield per plant and (d) seed yield per hectare.

presentaron una pulpa de color amarillo y amarillo claro, con 45 %, y en menor proporción aparecieron frutos con pulpa blanca, con 5 %. En el cuarto ciclo de selección, año 2000, se logró obtener un 100 % de frutos con pulpa anaranjado intenso, anaranjado ó amarillo intenso. Desaparecieron por completo los frutos con pulpa amarilla, amarilla claro o blanca (Cuadro 2). Estrada *et al.* (2010), al hacer

## Multiple comparison of means

### Fruit and pulp traits

Significant differences were found only for fruit weight, fruit width, pulp color and pulp flavor (Table 3). This effect was more notable in the fourth cycle with outstanding values for fruit weight (PFR = 5.94 kg), fruit width (ANF = 26.30

**CUADRO 1. Avance genético promedio por ciclo y acumulado en cuatro ciclos de selección masal participativa *in situ* en calabaza (*Cucurbita moschata*), respecto a la variedad original, Achichipico, Morelos, México. 2001.**

**TABLE 1. Average per cycle and accumulated genetic gain in four cycles of participatory mass selection *in situ* in squash (*Cucurbita moschata*) with respect to the original variety, Achichipico, Morelos, México. 2001.**

CARÁCTER / TRAIT	C <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	$\Delta_{G(\%)}$	$\Delta_{GA(\%)}$	$\Delta_{GAU}$
PFR (kg)	4.78	0.310	6.49	25.94	1.240
LFR (cm)	20.30	0.080	0.39	1.58	0.320
ANF (cm)	23.25	0.750	3.23	12.90	3.000
GPU	3.46	0.130	3.76	15.03	0.520
CPU	3.40	-0.480	-14.12	-56.47	-1.920
SPU	2.45	-0.290	-11.84	-47.35	-1.160
PSE (g)	311.52	3.160	1.01	4.06	12.640
LSE (cm)	2.19	0.025	1.14	4.57	0.100
ANS (cm)	1.25	0.005	0.40	1.60	0.020
FPP	1.03	0.024	2.33	9.32	0.096
RFPHA (kg)	13,032.63	1,533.760	11.77	47.07	6,135.040
RSPHA (g)	848,036.50	43,352.700	5.11	20.45	173,410.800
RFPL (kg)	4.79	0.470	9.81	39.25	1.880
RSPL (g)	311.52	11.230	3.60	14.42	44.920

C<sub>0</sub>: media de la variedad original (año 1996); B<sub>1</sub>: coeficiente de regresión;  $\Delta_{G(\%)}$ : avance genético en por ciento promedio por ciclo de selección;  $\Delta_{GA(\%)}$ : avance genético acumulado en por ciento en los cuatro ciclos de selección;  $\Delta_{GAU}$ : avance genético acumulado en las unidades de la variable respectiva; PFR: peso de fruto; LFR: largo de fruto; ANF: ancho de fruto; GPU: grosor de pulpa; CPU: color de pulpa, escala (1: anaranjado intenso, 2: anaranjado, 3: amarillo intenso, 4: amarillo, 5: amarillo claro, 6: blanco); SPU: sabor de pulpa, escala (1: muy dulce, 2: dulce, 3: insípida); PSE: peso de semilla; LSE: longitud de semilla; ANS: ancho de semilla; FPP: frutos por planta; RFPHA: rendimiento de frutos por hectárea; RSPHA: rendimiento de semilla por hectárea; RFPL: rendimiento de frutos por planta; RSPL: rendimiento de semilla por planta.

C<sub>0</sub>: mean of the original variety (year 1996); B<sub>1</sub>: regression coefficient;  $\Delta_{G(\%)}$ : average percent genetic gain per selection cycle;  $\Delta_{GA(\%)}$ : percent accumulated genetic gain in four selection cycles;  $\Delta_{GAU}$ : accumulated genetic gain in the units of the respective variable; PFR: fruit weight; LFR: fruit length; ANF: fruit width; GPU: pulp thickness; CPU: pulp color scale (1: intense orange, 2: orange, 3: intense yellow, 4: yellow, 5: pale yellow, 6: white); SPU: pulp flavor scale (1: very sweet, 2: sweet, 3: insipid); PSE: seed weight; LSE: seed length; ANS: seed width; FPP: fruits per plant; RFPHA: fruit yield per hectare; RSPHA: seed yield per hectare; RFPL: fruit yield per plant; RSPL: seed yield per plant.

**CUADRO 2. Cambios en la frecuencia (%) de frutos de calabaza de dulce (*Cucurbita moschata*) con diferente calidad según color y sabor de pulpa. Achichipico, Morelos. México 2001.**

**TABLE 2. Changes in frequency (%) of sweet squash (*Cucurbita moschata*) fruits with different pulp color and flavor quality. Achichipico, Morelos. México 2001.**

CARÁCTER / TRAIT	1996 (C <sub>0</sub> )	1997 (C <sub>1</sub> )	1998 (C <sub>2</sub> )	1999 (C <sub>3</sub> )	2000 (C <sub>4</sub> )
COLOR DE PULPA/FLESH COLOUR					
Anaranjado intenso, anaranjado y amarillo intenso/Intense orange and intense yellow	50	70	80	90	100
Amarillo y amarillo claro/yellow and light yellow	45	30	20	10	0
Blanco/White	5	0	0	0	0
SABOR DE PULPA/TASTE OF THE FLESH					
Muy dulce/Very sweet	0	20	50	60	75
Dulce/Sweet	55	65	40	40	25
Insípido/Flavourless	45	15	10	0	0

1996 (C<sub>0</sub>): variedad original; 1997 (C<sub>1</sub>): primer ciclo de selección; 1998 (C<sub>2</sub>): segundo ciclo de selección; 1999 (C<sub>3</sub>): tercer ciclo de selección y 2000 (C<sub>4</sub>): cuarto ciclo de selección.

1996 (C<sub>0</sub>): original variety; 1997 (C<sub>1</sub>): first selection cycle; 1998 (C<sub>2</sub>): second selection cycle; 1999 (C<sub>3</sub>): third selection cycle; and 2000 (C<sub>4</sub>): fourth selection cycle.



selección y recombinación en *C. moschata*, eligieron frutos de color de pulpa amarillo intenso a naranja. Esto es entendible, ya que de acuerdo con Tobar *et al.* (2010) el color deseable de frutos en *C. moschata* es de amarillo a salmón. Esto es porque el color de la pulpa está directamente relacionado con el contenido de beta-carotenos, indicador de un alto valor nutritivo con propiedades antioxidantes.

### Sabor de pulpa

En la variedad original, año 1996, se encontró un alto porcentaje de frutos con sabor dulce, el 55 %, e insípido, el 45 %, pero, gracias al efecto positivo de la selección, en el cuarto ciclo de selección, año 2000, predominaron los frutos de sabor muy dulce y dulce con 75 y 25 %, respectivamente, y desapareció de la población el sabor insípido (Cuadro 2). Meneses *et al.* (2009) estudiaron los cambios en la calidad de fruto maduro de una población sintética de calabaza *C. pepo*. Encontraron 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 estos aumentaron a 66.3 %, y en el cuarto ciclo existía un 91 % de frutos con pulpa dulce y muy dulce. Tales resultados confirman que la selección masal participativa practicada *in situ* en calabaza de dulce aumenta la frecuencia de genes deseables para calidad de fruto maduro, lo que mejora la calidad de la pulpa.

### Comparaciones múltiples de medias

#### Caracteres de fruto y pulpa

Sólo se presentaron diferencias significativas en peso de fruto, ancho de fruto, color de pulpa y sabor de pulpa (Cuadro 3). Este efecto fue más marcado en el ciclo cuatro,

cm), pulp color (CPU = 1.45) and pulp flavor (SPU = 1.25). For pulp color and flavor, desirable values are close to one. The gain in the four traits studied confirm the positive effect of selection. Montes *et al.* (2004) reported broad variation in fruit weight (1.70 - 8.75 kg), fruit length (13.21 - 91.99 cm), fruit width (11.69 - 29.75 cm) and pulp thickness (1.80 - 6.95 cm) in *C. moschata*. Aruah *et al.* (2010), with different cultivated *Cucurbita* accessions (*C. maxima*, *C. pepo* and *C. moschata*), obtained variation in fruit weight (2.21 - 8.70 kg), fruit length (30.33 - 61.33 cm) and fruit width (56.93 - 90.67 cm), assuring broad diversity in fruit shape, color and skin texture. Likewise, Ferriol *et al.* (2004), working with 47 collections of *C. moschata*, found broad genetic diversity of morphological traits such as shape, size and fruit color.

Pulp color and flavor are quality parameters in fruits and vegetables. Jacobo *et al.* (2011) estimated high carotenoid contents in sweet squash pulp, 2.67 mg per gram, and average soluble solids, 6.42 °Brix.

Although for fruit length (LFR) and fruit yield per hectare (RFPHA) no significant differences were detected, numerically there was a clear trend toward improvement: LFR = 20.30 cm in cycle C<sub>0</sub> to LFR = 20.65 cm in cycle C<sub>4</sub>. Fruit yield per hectare increased from RFPHA = 13,072 kg in cycle C<sub>0</sub> to RFPHA = 20,042 kg in cycle C<sub>4</sub> (Table 3). Robledo *et al.* (2010) found no significant differences between different treatments of plastic mulch in *C. pepo* for the traits fruit length (LFR = 27.90 - 33.09 cm), fruit weight (1.67 - 2.53 kg) and number of fruits per plant (1.0 - 1.27).

Ayastuy *et al.* (2011), assessing the effect of mulching for organic production of *C. moschata* for export, obtained fruit length of 17.4 - 20.5 cm and fruit width of 10.1 - 11.6

**CUADRO 3. Comparaciones múltiples de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para cuatro caracteres de fruto y tres de pulpa en una variedad de calabaza de dulce (*Cucurbita moschata*) en Achichipico, Morelos, México. 2001.**

**TABLE 3. Tukey multiple comparison of means ( $P \leq 0.05$ ) for four fruit traits and three pulp traits in a variety of sweet squash (*Cucurbita moschata*) in Achichipico, Morelos, México. 2001.**

CICLO DE SELECCIÓN / SELECTION CYCLE	PFR (kg)	LFR (cm)	ANF (cm)	RFPHA (kg)	GPU (cm)	CPU	SPU
C <sub>0</sub> (1996)	4.78b	20.30a	23.25b	13,072.0a	3.46a	3.40a	2.45a
C <sub>1</sub> (1997)	5.03ab	20.37a	24.55ab	17,750.0a	3.91a	2.80ab	1.95ab
C <sub>2</sub> (1998)	5.40ab	20.45a	25.47a	17,287.0a	3.92a	2.15bc	1.60bc
C <sub>3</sub> (1999)	5.82ab	20.50a	25.95a	19,190.0a	4.01a	1.90cd	1.40c
C <sub>4</sub> (2000)	5.94a	20.65a	26.30a	20,042.0a	4.06a	1.45d	1.25c
MEDIA	5.39	20.45	25.10	17,468.0	3.87	2.34	1.73
DMSH	1.12	2.19	1.89	8,715.5	0.627	0.67	0.55
$\beta_1$	0.31	0.08	0.75	1,533.8	0.13	-0.48	-0.29
$\Delta_G$ (%)	6.49	0.39	3.23	11.8	3.72	-14.11	-11.84

PFR: peso de fruto; LFR: largo de fruto; ANF: ancho de fruto; RFPHA: rendimiento de frutos por hectárea; GPU: grosor de pulpa; CPU: color de pulpa, escala (1: anaranjado intenso, 2: anaranjado, 3: amarillo intenso, 4: amarillo, 5: amarillo claro, 6: blanco); SPU: sabor de pulpa, escala (1: muy dulce, 2: dulce, 3: insípida). DMSH: diferencia mínima significativa honesta; (C<sub>0</sub>, 1996): variedad original; (C<sub>1</sub>, 1997): primer ciclo de selección; (C<sub>2</sub>, 1998): segundo ciclo de selección; (C<sub>3</sub>, 1999): tercer ciclo de selección; (C<sub>4</sub>, 2000): cuarto ciclo de selección; B<sub>j</sub>: coeficiente de regresión y  $\Delta_{G(\%)}$ : avance genético en porcentaje.

PFR: fruit weight; LFR: fruit length; ANF: fruit width; RFPHA: fruit yield per hectare; GPU: pulp thickness; CPU: pulp color scale (1: intense orange, 2: orange, 3: intense yellow, 4: yellow, 5: pale yellow, 6: white); SPU: pulp flavor scale (1: very sweet, 2: sweet, 3: insipid). LSD: honest least significant difference; (C<sub>0</sub>, 1996): original variety; (C<sub>1</sub>, 1997): first selection cycle; (C<sub>2</sub>, 1998): second selection cycle; (C<sub>3</sub>, 1999): third selection cycle; (C<sub>4</sub>, 2000): fourth selection cycle; B<sub>j</sub>: regression coefficient; and  $\Delta_{G(\%)}$ : percentage genetic gain.

con valores sobresalientes para peso de fruto (PFR = 5.94 kg), ancho de fruto (ANF = 26.30 cm), color de pulpa (CPU = 1.45) y sabor de pulpa (SPU = 1.25). En color y sabor de pulpa son deseables valores cercanos a uno. En los cuatro caracteres estudiados se confirma el efecto positivo de la selección. Montes *et al.* (2004) reportaron, en *C. moschata*, alta variación en peso de fruto (1.70 - 8.75 kg), largo de fruto (13.21 - 91.99 cm), ancho de fruto (11.69 - 29.75 cm) y grosor de pulpa (1.80 - 6.95 cm). Aruah *et al.* (2010), en diferentes accesiones de *Cucurbita* cultivadas (*C. máxima*, *C. pepo* y *C. moschata*), obtuvieron variación en peso de fruto (2.21 - 8.70 kg), largo de fruto (30.33 - 61.33 cm) y ancho de fruto (56.93 - 90.67 cm), por lo que aseguraron que hay gran diversidad en forma de fruto, color y textura de piel. De igual manera Ferriol *et al.* (2004), al trabajar con 47 colectas de *C. moschata*, encontraron una gran diversidad genética en caracteres morfológicos tales como forma, tamaño y color de fruto.

Color y sabor de la pulpa son parámetros de calidad en frutas y hortalizas, de ahí que Jacobo *et al.* (2011) estimaran altos contenidos de carotenoides en la pulpa del fruto de calabaza de dulce 2.67 mg de  $\beta$ -caroteno por gramo, y un promedio en sólidos solubles de 6.42 °Brix.

Aunque para largo de fruto (LFR) y rendimiento de frutos por hectárea (RFPHA) no se detectaran diferencias significativas, numéricamente se observó una tendencia clara hacia la mejora al pasar de LFR = 20.30 cm en el ciclo  $C_0$  a LFR = 20.65 cm en el ciclo  $C_4$ . En rendimiento de frutos por hectárea se pasó de RFPHA = 13,072 kg en el ciclo  $C_0$  a RFPHA = 20,042 kg en el ciclo  $C_4$  (Cuadro 3). Robledo *et al.* (2010) no encontraron diferencias significativas al utilizar diferentes tratamientos de acolchado plástico en *C. pepo* para los caracteres longitud de fruto (LFR = 27.90 - 33.09 cm), peso de fruto (1.67 - 2.53 kg) y número de frutos por planta (1.0 - 1.27).

Ayastuy *et al.* (2011), al evaluar el efecto del acolchado del suelo para obtener una producción orgánica de *C. moschata* con calidad de exportación, obtuvieron un largo de fruto que osciló en 17.4 - 20.5 cm y un ancho de fruto que fluctuó en 10.1 - 11.6 cm. Lang y Ermini (2010), al trabajar con *C. moschata* en riego, reportaron un rendimiento de frutos comerciales que osciló en 20.1 a 22.1 t·ha<sup>-1</sup> según la densidad de siembra (5,000-10,000 plantas·ha<sup>-1</sup>). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en la presente investigación.

En grosor de pulpa (GP) tampoco existieron diferencias significativas, pero hubo un incremento numérico al pasar de 3.46 cm en el ciclo  $C_0$  a 4.06 cm en el ciclo  $C_4$ . Esta información es consistente con la de Estrada *et al.* (2010), quienes reportaron para *C. moschata* un grosor de pulpa de 4.16 cm. Jacobo *et al.* (2011) encontraron en calabaza de dulce un grosor de pulpa promedio de 2.06 cm, con un mínimo de 0.58 cm y un máximo de 5.42 cm. Tobar *et al.* (2010) demostraron que existen efectos significativos debidos a familias de *C. moschata* para el ca-

cm. Lang and Ermini (2010), with irrigated *C. moschata*, reported yield of commercial fruits that oscillated between 20.1 and 22.1 t·ha<sup>-1</sup> depending on sowing density (5,000-10,000 plantas·ha<sup>-1</sup>). These results coincide with those obtained in our study.

Likewise, there were no significant differences in pulp thickness (GP), but there was a numerical increase from 3.46 cm in cycle  $C_0$  to 4.06 cm in cycle  $C_4$ . This information is consistent with Estrada *et al.* (2010), who reported pulp thickness of 4.16 cm for *C. moschata*. Jacobo *et al.* (2011) found, also for sweet squash, average pulp thickness of 2.06 cm, with a minimum of 0.58 cm and maximum of 5.42 cm. Tobar *et al.* (2010) demonstrated that there are significant effects due to *C. moschata* families for pulp thickness, estimating values between 3.34 and 4.21 cm.

### Seed and plant traits

There were no significant differences for any of the seed traits. However, over the selection cycles numerical increase was found for seed weight, length and width. The best cycle was  $C_4$  (2000) with values of PSE = 323.5 g, LSE = 2.288 cm and ASE = 1.281 cm, respectively (Table 4). In previous studies on *Cucurbita*, different authors (Stephenson *et al.*, 1988; Lima *et al.*, 2003; Sánchez *et al.*, 2006; Aruah *et al.*, 2010; Méndez *et al.*, 2010) have reported variation among genotypes for the traits seed number per fruit, seed length and width, weight of 100 seeds and fresh and dry seed weight per plant. This indicates that these traits are genetically controlled.

Paris and Nerson (2003) assert that in *C. pepo* fruit size and shape influence seed size and shape. Round fruits offer fewer restrictions for seed lengthening, but thickening may be affected. The opposite occurs when the fruits are long.

For the trait seed yield per hectare, the numerically best cycle was  $C_1$  (1997) with RSPHA = 1,111.8 kg. This is attributed to the selection in this cycle, which was done for seed yield. This information differs from that found by Lima *et al.* (2003), who estimated seed yield of *C. pepo* to fluctuate between 252.6 to 313.7 kg per hectare.

There were no differences in plant traits (Table 4). However, numerically, mean fruit yield per plant showed an increasing trend over the selection cycles. The highest mean occurred in cycle  $C_4$  (2000), RFPL = 6.90 kg. This differs from results of Estrada *et al.* (2010), who estimated a yield of 13.7 kg·plant<sup>-1</sup> for *C. moschata*. Tobar *et al.* (2010) found 16.5 kg·plant<sup>-1</sup> for one of the most productive families of *C. moschata*. Also, Valdés *et al.* (2010) achieved an average of 25.7 kg per plant.

For the fruit traits per plant and seed yield per plant, the highest mean occurred in cycle  $C_2$  (1998), with FPP = 1.28 and RSPL = 408.61 g, respectively. In their characterization of different families of *C. moschata* selected for high dry

rácter grosor de pulpa, en el que estimaron valores entre 3.34 y 4.21 cm.

### Caracteres de semilla y planta

No se presentaron diferencias significativas para ninguno de los caracteres de semilla. Sin embargo, a través de ciclos de selección se encontró un incremento numérico para peso, largo y ancho de semilla, ya que el mejor ciclo fue el  $C_4$  (2000) con valores de PSE = 323.5 g, LSE = 2.288 cm y ASE = 1.281 cm, respectivamente (Cuadro 4). En estudios realizados previamente en *Cucurbita* por diversos autores (Stephenson *et al.*, 1988; Lima *et al.*, 2003; Sánchez *et al.*, 2006; Aruah *et al.*, 2010; Méndez *et al.*, 2010) se reportó variación entre genotipos para los caracteres número de semillas por fruto, longitud y ancho de semilla, peso de cien semillas y peso de semillas fresca y seca por planta. Esto indica que estas características están controladas genéticamente.

Paris y Nerson (2003) aseguraron que en *C. pepo* el tamaño y la forma de los frutos influye en el tamaño de lóculos o cavidades del fruto. Éstos a su vez inciden sobre tamaño y forma de las semillas. En frutos redondos hay menores restricciones para el alargado de semillas pero hay afectación para que las semillas puedan engrosar. Situación contraria ocurre cuando se tienen frutos largos.

Para el carácter rendimiento de semilla por hectárea el mejor ciclo numéricamente fue el  $C_1$  (1997) con RSPHA = 1,111.8 kg. Esto se atribuye a que en este ciclo la selección se hizo para rendimiento de semilla. Esta información difiere de la encontrada por Lima *et al.* (2003), quienes en

matter content, Tobar *et al.* (2010) released a family (F7a) outstanding for its fresh consumption properties and its yield of 5.3 fruits plant<sup>-1</sup>. Vallejo *et al.* (2010) obtained five fruits plant<sup>-1</sup> with the cultivar Unapal-Dorado (*C. moschata*). Lang and Ermini (2010), assessing different plant densities with *C. moschata*, obtained an average of 2.74 to 4.96 fruits·plant<sup>-1</sup>. Therefore, we consider the results of our study acceptable.

### Analysis of phenotypic correlations

Positive, high and significant correlations were found for fruit traits per plant: seed yield per plant ( $r = 0.99^{**}$ ), fruit yield per hectare with seed yield per plant ( $r = 0.90^{**}$ ) and seed yield per hectare ( $r = 0.91^{**}$ ) (Table 5). This indicates that these fruit and seed traits are the most important components associated with yield.

Fruit weight correlated positively and highly significantly with pulp thickness ( $r = 0.83^{**}$ ), seed weight ( $r = 0.69^{**}$ ) and fruit width ( $r = 0.65^{**}$ ) (Table 5), indicating that fruit weight increases in direct proportion to pulp thickness, seed weight and fruit width. Bezerra *et al.* (2006), in *C. moschata*, obtained a phenotypic correlation of  $r = 0.82^{**}$  between fruit weight and pulp thickness and argues that larger fruits or thicker pulp should be selection criteria for this species. In pipian squash (*C. argyrosperma* var. *argyrosperma* and *C. argyrosperma* var. *stenosperma*), Sánchez *et al.* (2006) reported a positive correlation of  $0.74^{**}$  between fruit weight and seed weight. The correlation between fruit weight and fruit width was  $0.82^{**}$  and  $0.85^{**}$  for the species mentioned. This strengthens the idea that heavy, wide fruits with thick pulp promote important gains in sweet squash selection.

**CUADRO 4.** Comparaciones múltiples de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para cuatro caracteres de semilla y tres de planta en una variedad de calabaza de dulce (*Cucurbita moschata*) en Achichipico, Morelos, México. 2001.

**TABLE 4.** Tukey multiple comparison of means ( $P \leq 0.05$ ) for four seed traits and three plant traits in a variety of sweet squash (*Cucurbita moschata*) in Achichipico, Morelos, México. 2001.

CICLO DE SELECCIÓN / SELECTION CYCLE	PSE (g)	LSE (cm)	ANS (cm)	RSPHA (kg)	FPP	RFPL (kg)	RSPL (g)
$C_0$ (1996)	311.52a	2.188a	1.255a	847.7a	1.030a	4.940a	322.34a
$C_1$ (1997)	315.00a	2.210a	1.247a	1111.8a	1.160a	5.890a	368.56a
$C_2$ (1998)	317.82a	2.216a	1.243a	1032.7a	1.280a	6.840a	408.61a
$C_3$ (1999)	322.60a	2.257a	1.244a	1073.2a	1.190a	6.870a	384.09a
$C_4$ (2000)	323.50a	2.288a	1.281a	1078.7a	1.130a	6.900a	368.87a
MEDIA	318.09	2.232	1.254	1028.8	1.159	6.290	370.49
DMSH	14.75	0.169	0.137	520.5	0.519	3.030	167.87
$\beta_1$	3.15	0.025	0.005	43,352.6	0.024	0.467	11.23
$\Delta_G$ (%)	1.01	1.140	0.400	5.1	2.330	9.810	3.60

$C_0$ (1996): media de la variedad original;  $C_1$ (1997): primer ciclo de selección;  $C_2$ (1998): segundo ciclo de selección;  $C_3$  (1999): tercer ciclo de selección;  $C_4$  (2000): cuarto ciclo de selección; DMSH: diferencia mínima significativa;  $\beta_1$ : coeficiente de regresión;  $\Delta_G$ (%): avance genético en por ciento promedio por ciclo de selección; 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.

$C_0$ (1996): mean of the original variety;  $C_1$ (1997): first selection cycle;  $C_2$ (1998): second selection cycle;  $C_3$  (1999): third selection cycle;  $C_4$  (2000): fourth selection cycle; HLMD: honest least minimum difference;  $\beta_1$ : regression coefficient;  $\Delta_G$ (%): average percent genetic gain per selection cycle; PSE: seed weight; LSE: seed length; ANS: seed width; RSPHA: seed yield per hectare; FPP: fruits per plant; RFPL: fruit yield per plant; RSPL: seed yield per plant.



*C. pepo* estimaron un rendimiento de semilla que fluctuó de 252.6 a 313.7 kg por hectárea.

No existieron diferencias en caracteres de planta (Cuadro 4). Sin embargo, numéricamente el rendimiento de frutos por planta muestra una tendencia a incrementar su media a través de ciclos de selección. La media más alta se presentó en el ciclo  $C_4$  (2000), con un RFPL = 6.90 kg. Esto es distinto a lo reportado por Estrada *et al.* (2010) quienes estimaron para *C. moschata* un rendimiento de 13.7 kg·planta<sup>-1</sup>. Tobar *et al.* (2010), contabilizaron 16.5 kg·planta<sup>-1</sup> en *C. moschata* para una de las familias más productivas. Por su parte, Valdés *et al.* (2010) obtuvieron un promedio por planta de 25.7 kilogramos.

Para los caracteres frutos por planta y rendimiento de semillas por planta la media más alta se presentó en el ciclo  $C_2$  (1998), con valores de FPP = 1.28 y RSPL = 408.61 g, respectivamente. Tobar *et al.* (2010), al caracterizar diferentes familias de *C. moschata* elegidas por alto contenido de materia seca en fruto, destacaron a una familia (F7a) para ser liberada por sus propiedades para consumo en fresco, ya que produjo 5.3 frutos·planta<sup>-1</sup>. Vallejo *et al.* (2010) contabilizaron 5 frutos·planta<sup>-1</sup> en el cultivar

There was a highly significant negative correlation between fruit weight and pulp color ( $r = -0.72^{**}$ ) and between fruit weight and pulp flavor ( $r = -0.63^{**}$ ). This suggests that if the selection of this variety was done attending only to heavier fruit, there would also have been a response to selection for pulp quality in terms of flavor and color (smaller numbers refer to better quality). Meneses *et al.* (2009) achieved progress in very sweet pulp flavor in five combined selection cycles of *C. pepo*, reporting 25 % very sweet fruits with a genetic gain of 207 % in intense orange pulp and a reduction of 21.5 % in white pulp.

Pulp thickness correlated negatively and highly significantly with pulp flavor ( $r = -0.56^{**}$ ) and significantly with pulp color ( $r = -0.54^*$ ), indicating that fruits with thicker pulp tend to have more desirable pulp flavor and color (sweeter and orange colors). This information coincides with that reported by Sánchez *et al.* (2006), who observed a correlation of  $r = -0.49$  between pulp thickness and color; they concluded that fruits with thick pulp have desirable colors. Although for pulp thickness and flavor the correlation was not significant ( $r = -0.10$ ), it is partially explained that fruits with thick pulp exhibit a tendency to have a more pleasant flavor.

**CUADRO 5. Correlaciones fenotípicas entre caracteres de fruto y semilla en una variedad local de calabaza de dulce (*Cucurbita moschata*) con selección masal participativa en Achichipico, Morelos, 2001.**

**TABLE 5. Phenotypic correlations between fruit and seed traits in a local variety of sweet squash (*Cucurbita moschata*) with participatory mass selection in Achichipico, Morelos, 2001.**

Caracteres / Traits	Correlación / Correlation (r)	Caracteres / Traits	Correlación / Correlation (r)
FPP, RSPL	0.99**	GPU, PSE	0.59**
RFPFA, RSPHA	0.91**	ANF, SPU	-0.75**
RFHA, RSPL	0.90**	PFR, CPU	-0.72**
FPP, RFPL	0.87**	ANF, CPU	-0.65**
PFR, GPU	0.83**	PFR, SPU	-0.63**
RFPFA, RFPL	0.79**	SPU, RFPL	-0.63**
CPU, SPU	0.79**	CPU, PSE	-0.60**
RSPHA, RSPL	0.70**	GPU, SPU	-0.56**
PFR, PSE	0.69**	LSE, ANS	0.53*
FPP, RSPHA	0.68**	GPU, RFPL	0.52*
ANF, GPU	0.67**	ANF, RFPL	0.51*
RSPHA, RFPL	0.66**	PFR, RFPFA	0.49*
RFPFA, RSPL	0.66**	PSE, LSE	0.47*
PFR, ANF	0.65**	GPU, CPU	-0.54*
FPP, RFPFA	0.62**	SPU, RFPFA	-0.52*
GPU, RFPFA	0.61**		

\*: Correlación significativa ( $P \leq 0.05$ ); \*\*: Correlación altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ); PFR: peso de fruto (kg); LFR: largo de fruto (cm); ANF: ancho de fruto (cm); GPU: grosor de pulpa (cm); CPU: color de pulpa, escala (1: anaranjado intenso, 2: anaranjado, 3: amarillo intenso, 4: amarillo, 5: amarillo claro, 6: blanco); SPU: sabor de pulpa, escala (1: muy dulce, 2: dulce, 3: insípida); PSE: peso de semilla (g); LSE: longitud de semilla (cm); ANS: ancho de semilla (cm); FPP: frutos por planta; RFPFA: rendimiento de frutos por hectárea (kg); RSPHA: rendimiento de semilla por hectárea (kg); RFPL: rendimiento de frutos por planta (kg); RSPL: rendimiento de semilla por planta (g).

\*: Significant correlation ( $P \leq 0.05$ ); \*\*: Highly significant correlation ( $P \leq 0.01$ ); PFR: fruit weight (kg); LFR: fruit length (cm); ANF: fruit width (cm); GPU: pulp thickness (cm); CPU: pulp color scale (1: intense orange, 2: orange, 3: intense yellow, 4: yellow, 5: pale yellow, 6: white); SPU: pulp flavor scale (1: very sweet, 2: sweet, 3: insipid); PSE: seed weight (g); LSE: seed length (cm); ANS: seed width (cm); FPP: fruits per plant; RFPFA: fruit yield per hectare (kg); RSPHA: seed yield per hectare (kg); RFPL: fruit yield per plant (kg); RSPL: seed yield per plant (g).



Unapal-Dorado (*C. moschata*). Lang y Ermini (2010), al evaluar diferentes densidades de siembra en *C. moschata*, obtuvieron un promedio que anduvo entre 2.74 y 4.96 frutos.planta<sup>-1</sup>. Por lo anterior, se considera que los resultados de este trabajo son aceptables.

### Análisis de correlaciones fenotípicas

Se encontraron correlaciones positivas, altas y significativas entre los caracteres frutos por planta con rendimiento de semilla por planta ( $r = 0.99^{**}$ ), rendimiento de fruto por hectárea con rendimiento de semilla por planta ( $r = 0.90^{**}$ ) y rendimiento de fruto por hectárea con rendimiento de semilla por hectárea ( $r = 0.91^{**}$ ) (Cuadro 5). Esto indica que dichos caracteres de fruto y semilla son los componentes más importantes asociados con rendimiento.

La correlaciones de peso de fruto con grosor de pulpa ( $r = 0.83^{**}$ ), peso de semilla ( $r = 0.69^{**}$ ) y ancho de fruto ( $r = 0.65^{**}$ ) resultaron positivas y altamente significativas (Cuadro 5). Lo anterior indica que el peso de fruto aumenta con relación directa a grosor de pulpa, peso de semilla y ancho de fruto. Bezerra *et al.* (2006) obtuvieron, en *C. moschata*, una correlación fenotípica  $r = 0.82^{**}$  para peso de fruto y grosor de pulpa, por lo que aseguraron que frutos más grandes o de pulpa más gruesa deberán ser objeto de selección en esta especie. En calabaza pipiana, Sánchez *et al.* (2006) reportaron una correlación positiva de  $0.75^{**}$  (*C. argyrosperma* var. *argyrosperma*) y  $0.74^{**}$  (*C. argyrosperma* var. *stenosperma*) para peso de fruto con peso de semilla. Para peso de fruto con ancho de fruto la correlación fue de  $0.82^{**}$  y  $0.85^{**}$ , para las variedades indicadas, lo que refuerza la idea de que frutos pesados, anchos y de pulpa gruesa generan avances importantes cuando se practica selección en calabaza de dulce.

Existió correlación negativa, alta y significativa entre peso de fruto con color de pulpa ( $r = -0.72^{**}$ ) y sabor de pulpa ( $r = -0.63^{**}$ ). Esto sugiere que si la selección en esta variedad se hubiese hecho atendiendo solamente al mayor peso de fruto, también hubiese existido respuesta a la selección para calidad de pulpa en términos de sabor y color (números menores son de mejor calidad). Meneses *et al.* (2009) lograron avances para sabor de pulpa muy dulce en cinco ciclos de selección combinada en *C. pepo*, en la que reportan 25 % de frutos muy dulces, con un avance genético de 207 % en pulpa de color anaranjado intenso y una disminución de 21.5 % en pulpa de color blanco.

El grosor de pulpa mostró una correlación negativa y altamente significativa con sabor de pulpa ( $r = -0.56^{**}$ ) y significativa para color de pulpa ( $r = -0.54^{*}$ ), lo cual indica que frutos con pulpa de mayor grosor tienden a presentar sabores y colores de pulpa más deseables (más dulces y colores anaranjados). Esta información concuerda con la reportada por Sánchez *et al.* (2006), quienes observaron una correlación de  $r = -0.49^{*}$  entre grosor de pulpa y color de pulpa, de lo que concluyen que frutos de pulpa gruesa

### CONCLUSIONS

The traits that responded more to selection, by cycle, were pulp color (14.1 %), pulp flavor (11.8 %), fruit yield per hectare (11.8 %), fruit yield per plant (9.8 %), fruit weight (6.5 %) and seed yield per hectare (5.1 %).

After four selection cycles, 100 % of the fruits had colors ranging from intense orange, orange to intense yellow; the population with yellow, pale yellow and white pulp disappeared completely. Likewise, very sweet pulp flavor achieved in the fourth cycle by effect of selection, reached 75 %, while sweet pulp was 25 % and the insipid fruit population disappeared.

Highly significant positive correlations were found between fruit traits per plant and seed yield per plant ( $r = 0.99^{**}$ ), between fruit yield per plant and seed yield per plant ( $r = 0.90^{**}$ ) and between fruit yield per hectare and seed yield per hectare ( $r = 0.91^{**}$ ), indicating that these traits are directly implicated in fruit and seed yield.

### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Plant Science Department of the Universidad Autónoma Chapingo and the Doctoral Program in Horticulture for the facilities granted during the corresponding author's postdoctorate in said institution. Also, to Maximino Ramírez Ayala for his active participation in the fieldwork.

*End of English Version*

presentan colores deseables. Aunque para grosor y sabor de pulpa la correlación no fue significativa ( $r = -0.10$ ), si se explica parcialmente que frutos de pulpa gruesa muestren una tendencia a ser de un sabor más agradable al paladar.

### CONCLUSIONES

Los caracteres que presentaron mayor respuesta por ciclo de selección fueron color de pulpa (14.1 %), sabor de pulpa (11.8 %), rendimiento de frutos por hectárea (11.8 %), rendimiento de fruto por planta (9.8 %), peso de fruto (6.5 %) y rendimiento de semilla por hectárea (5.1 %).

Después de cuatro ciclos de selección, el 100 % de los frutos presentaron colores entre anaranjado intenso, anaranjado o amarillo intenso, y desaparecieron por completo de la población los frutos con pulpa amarilla, amarilla clara y blanca. De la misma manera, el sabor de pulpa muy dulce en el cuarto ciclo, por efecto de la selección, llegó a 75 %, y el sabor dulce, a 25 %, y desaparecieron de la población los frutos con sabor insípido.

Se encontraron correlaciones positivas, altas y significativas entre los caracteres frutos por planta con rendimiento de semilla por planta ( $r = 0.99^{**}$ ), rendimiento de fruto por planta con rendimiento de semilla por planta ( $r = 0.90^{**}$ ) y rendimiento de fruto por hectárea con rendimiento de semilla por hectárea ( $r = 0.91^{**}$ ), lo cual indica que dichos caracteres están directamente implicados en el rendimiento de fruto y de semilla.

### AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo y al Programa de Doctorado en Horticultura, por las facilidades otorgadas al autor para correspondencia durante su estancia Posdoctoral en dicha Institución. Al C. Maximino Ramírez Ayala por su participación activa en el trabajo de campo.

### LITERATURA CITADA

- ALIU, S.; HAZIRI, A.; FETAHU, S.; ALIAGA, N.; RUSINOVCI, I.; HAZIRI, I.; ARAPI, V. 2011. Morphological and nutritive variation in a collection of *Cucurbita pepo* L. growing in Kosovo. *Notulae Scientia Biologicae* 3(2): 119-122. <http://www.notulaebiologicae.ro/index.php/nsb/article/view/6066/5536>
- ANÓNIMO. 1997. Cuaderno Estadístico Municipal de Yecapixtla, Morelos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 123 p.
- ANÓNIMO. 2011. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350).
- ARUAH, C. B.; UGURU, M. I.; OYIGA, B. C. 2010. Variations among some Nigerian *Cucurbita* landraces. *African Journal of Plant Science* 4(10): 374-386. [http://www.zef.de/module/register/media/db27\\_Aruah%20et%20al.pdf](http://www.zef.de/module/register/media/db27_Aruah%20et%20al.pdf)
- AYASTUY, M. E.; RODRÍGUEZ, R. A.; ELISEI, V. R. 2011. Producción orgánica de zapallo anquito bajo diferentes prácticas culturales en la región de Bahía Blanca. *Horticultura Argentina* 30(71): 5-15. <http://www.horticulturamar.com.ar/publicaciones-14.htm>
- BEZERRA N., F. V.; LEAL, N. R.; COSTA, F. R.; GONÇALVES, G. M.; AMARAL, J., A. T.; VASCONCELLOS, H. O.; MELLO, M. M. 2006. Análise biométrica de linhagens de abóbora. *Horticultura Brasileira* 24(3): 378-380. doi: 10.1590/S0102-05362006000300022
- CARDOSO, A. I. I. 2007. Seleção recorrente para produtividade e qualidade de frutos em abobrinha braquítica. *Horticultura Brasileira* 25(2): 143-148. doi: 10.1590/S0102-05362007000200003
- ESTRADA S., E. I.; VALLEJO C., F. A.; BAENA G., D.; ORTIZ G., S.; ZAMBRANO B., E. 2010. Unapal-Llanogrande, nuevo cultivar de zapallo adaptado a las condiciones del valle geográfico del río Cauca, Colombia. *Acta Agronómica* 59(2): 135-143. [http://www.digital.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/16272](http://www.digital.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/16272)
- FERRIOL, M.; PICO, B.; FERNÁNDEZ DE C., P.; NUEZ, F. 2004. Molecular diversity of a germplasm collection of squash (*Cucurbita moschata*) determined by SRAP and AFLP markers. *Crop Science* 44(2): 653-664. doi: 10.2135/cropsci2004.6530
- JACOBO-VALENZUELA, N.; ZAZUETA-MORALES, J. J.; GALLEGOS-INFANTE, J. A.; AGUILAR-GUTIÉRREZ, F.; CAMACHO-HERNÁNDEZ, I. L.; ROCHA-GUZMÁN, N. E.; GONZÁLEZ-LAREDO, R. F. 2011. Chemical and physico-chemical characterization of winter squash (*Cucurbita moschata* D.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 39(1): 34-40. <http://notulaeobotanicae.ro/index.php/nbha/article/view/5848/5577>
- LANG, M.; ERMINI, P. 2010. Evaluación de distintas densidades de siembra en el cultivo de zapallo tipo "Anco" (*Cucurbita moschata*) en la región semiárida Pampeana. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la Pampa* 21: 39-45.
- LIMA, M. S.; CARDOSO, A. I. I.; VERDIAL, M. F. 2003. Plant spacing and pollen quantity on yield and quality of squash seeds. *Horticultura Brasileira* 21(3): 443-447. doi: 10.1590/S0102-05362003000300005
- MÉNDEZ-LÓPEZ, A.; VILLANUEVA-VERDUZCO, C.; SAHAGÚN-CASTELLANOS, J.; AVITIA-GARCÍA, E.; COLINAS-LEÓN, T.; JAMILÉNA-QUEZADA, M.; ROJAS-MARTÍNEZ, 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. [http://www.chapingo.mx/revistas/viewpdf/?pdf\\_file=b6e52f50aade81191c09587c59a1b14f.pdf](http://www.chapingo.mx/revistas/viewpdf/?pdf_file=b6e52f50aade81191c09587c59a1b14f.pdf)
- MENESES-MÁRQUEZ, I.; VILLANUEVA-VERDUZCO, C.; SAHAGÚN-CASTELLANOS, J.; VÁZQUEZ-ROJAS, T. R.; 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(1): 5-23. [http://www.chapingo.mx/revistas/viewpdf/?pdf\\_file=29e02db2873767db0af82d227a3b633a.pdf](http://www.chapingo.mx/revistas/viewpdf/?pdf_file=29e02db2873767db0af82d227a3b633a.pdf)
- MENESES-MÁRQUEZ, I.; VILLANUEVA-VERDUZCO, C.; SAHAGÚN-CASTELLANOS, 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. [http://www.chapingo.mx/revistas/viewpdf/?pdf\\_file=809e1932f75013a08f338f362abef84c.pdf](http://www.chapingo.mx/revistas/viewpdf/?pdf_file=809e1932f75013a08f338f362abef84c.pdf)
- MONTES M., J. 1978. La conservación de los recursos fitogenéticos: su estrategia. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. 16 p.
- MONTES, R. C.; VALLEJO, C. F. A.; BAENA, G. D. 2004. Diversidad genética de germoplasma colombiano de zapallo (*Cucurbita moschata* Duchesne Exp. Prior). *Acta Agronómica* 53(3): 43-50. [http://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/97](http://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/97)
- OLINIK, J. R.; OLIVEIRA, J. A.; KEPP, M. A.; REGHIN, M. Y. 2011. Produtividade de híbridos de abobrinha italiana cultivados sob diferentes coberturas de solo. *Horticultura Brasileira* 29(1): 130-134. [http://www.horticulturabrasileira.com.br/images/stories/29\\_1/201129122.pdf](http://www.horticulturabrasileira.com.br/images/stories/29_1/201129122.pdf)
- PARIS, H. S.; NERSON, H. 2003. Seed dimensions in the subspecies and cultivar-groups of *Cucurbita pepo*. *Ge-*

- netic Resources and Crop Evolution 50: 615-625. doi: 10.1023/A:1024464831595
- RESTREPO S., J. A.; VALLEJO C., F. A. 2008. Caracterización molecular de introducciones colombianas de zapallo *Cucurbita moschata*. Acta agronómica 57(1): 9-17. [http://www.revista.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/1049](http://www.revista.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/1049)
- ROBLEDO T., V.; RAMÍREZ G., M. M.; VÁZQUEZ B., M. E.; RUÍZ T., N. A.; ZAMORA V., V. M.; RAMÍREZ G., F. 2010. Producción de semilla de calabacita italiana (*Cucurbita pepo* L.) con acolchados plásticos fotoselectivos. Revista Fitotecnia Mexicana 33(3): 265-270. <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/33-3/10a.pdf>
- TOBAR T., D. E.; VALLEJO C., F. A.; BAENA G., D. 2010. Evaluación de familias de zapallo (*Cucurbita moschata* Duch.) seleccionadas por mayor contenido de materia seca en el fruto y otras características agronómicas. Acta Agronómica 59(1): 65-72. [http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/14033](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/14033)
- SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, M. A.; VILLANUEVA-VERDUZCO, C.; SAHAGÚN-CASTELLANOS, J.; MERRICK, L. C. 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. [http://www.chapingo.mx/revistas/viewpdf/?pdf\\_file=0aa4e010c9a07476f626684150a95010.pdf](http://www.chapingo.mx/revistas/viewpdf/?pdf_file=0aa4e010c9a07476f626684150a95010.pdf)
- SÁNCHEZ H., M. A.; MEJÍA C., J. 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. <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/29-2/5a.pdf>
- STEPHENSON, A. G.; DEVLIN, B.; HORTON, J. B. 1988. The effects of seed number and prior fruit dominance on the pattern of fruit production in *Cucurbita pepo* (Zucchini squash). Annals of Botany 62(6): 653-661. <http://aob.oxfordjournals.org/content/62/6/653>
- VALDÉS R., M. P.; ORTIZ G., S.; BAENA G., D.; VALLEJO C., F. A. 2010. Evaluación de poblaciones de zapallo (*Cucurbita moschata*) por caracteres de importancia agroindustrial. Acta Agronómica 59(1): 91-96. [http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/14039](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/14039)
- VALLEJO C., F. A.; BAENA G., D.; ORTIZ G., S.; ESTRADA S., E. I.; TOBAR T., D. E. 2010. Unapal-Dorado, nuevo cultivar de zapallo con alto contenido de materia seca para consumo en fresco. Acta Agronómica 59(2): 127-134. [http://www.revista.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/16271](http://www.revista.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/16271)