

# OBTENCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y AGRUPAMIENTO DE GENOTIPOS PARTENOCÁRPICOS DE CALABAZA (*Cucurbita pepo* L.) TIPO “ROUND ZUCCHINI”

A. Méndez-López<sup>1</sup>; C. Villanueva-Verduzco<sup>2</sup>;  
J. Sahagún-Castellanos<sup>2</sup>; E. Avitia-García<sup>2</sup>;  
T. Colinas-León<sup>2</sup>; M. Jamilena-Quesada<sup>3</sup>; R. I. Rojas-Martínez<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco. C. P. 56230. MÉXICO.  
Correo-e: amendezl11@hotmail.com

<sup>2</sup>Profesor-investigador, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco. C. P. 56230. MÉXICO.

<sup>3</sup>Profesor-investigador, Departamento de Biología Aplicada, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Almería. C. P. 04120. ESPAÑA.

<sup>4</sup>Profesor-investigador. Instituto de Fitopatología, Colegio de Postgraduados, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

## RESUMEN

Este estudio se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México, con el objetivo de obtener y caracterizar nuevos genotipos arbustivos precoces y partenocárpicos de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) para el desarrollo de variedades aptas para la producción en invernadero. Se obtuvieron y caracterizaron agrónomicamente 46 genotipos arbustivos tipo “round zucchini”. Los 46 genotipos fueron identificados y seleccionados de una población de 5,000 plantas provenientes de una población de amplia base genética construida ex-profeso, lo que representó el 0.92 % de eficiencia del sistema. De los 46 genotipos, 28 presentaron frutos redondos, 12 frutos oblongos, seis frutos aplanados y uno cilíndrico; 41 genotipos mostraron frutos con costillas superficiales, cuatro con costillas intermedias y uno con costillas ausentes; 17 genotipos exhibieron pulpa dulce, 10 intermedia y 19 con pulpa insípida; seis genotipos presentaron frutos maduros con grosor de pulpa < 20 mm, 29 con grosor de pulpa entre 20-30 mm, y 11 con grosor de pulpa > 30 mm. Los 46 genotipos partenocárpicos obtenidos se conjuntaron en tres grupos; grupo 1: plantas con entrenudos de longitud intermedia, frutos redondos, pesados, con cáscara gruesa y muchas semillas grandes; grupo 2: plantas con entrenudos cortos, frutos pequeños, alargados de bajo peso y cáscara delgada con pocas semillas pequeñas y grupo 3: plantas con entrenudos largos, frutos redondos, con cáscara delgada y con muchas semillas de tamaño pequeño.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** Genotipos arbustivos, partenocarpia, selección, caracterización.

## COLLECTION, CHARACTERIZATION AND GROUPING OF PARTHENO-CARPIC GENOTYPES OF ROUND ZUCCHINI PUMPKIN (*Cucurbita pepo* L.)

### ABSTRACT

This study was conducted in the experimental fields of the Chapingo Autonomous University, located in Chapingo, State of Mexico. The aim was to collect and characterize new early (precocious) and parthenocarpic squash (*Cucurbita pepo* L.) genotypes for the development of varieties suitable for greenhouse production. Forty-six parthenocarpic bush-type round zucchini genotypes were obtained and characterized agronomically. The genotypes were identified and selected from among 5000 plants of a purposely-constructed population of broad genetic base, which represented a system efficiency of 0.92%. Of the 46 genotypes, 28 produced round fruits, 12 had oblong fruits, six had flattened fruits and one yielded cylindrical fruit. There were 41 genotypes with shallow ribs, four with intermediate ribs and one without ribs. Seventeen genotypes exhibited sweet pulp, 10 with intermediate pulp and the 19 with insipid pulp. Six genotypes yielded mature fruits with <20 mm-thick pulp, 29 with pulp between 20-30 mm thick and 11 with pulp >30 mm thick. The 46 parthenocarpic genotypes obtained were classed into three groups: group 1, plants with intermediate-length internodes exhibiting round, heavy, thick-shelled fruits with many large seeds; group 2, plants with short internodes, producing small light-weight, elongated thin-shelled fruits with few small seeds; group 3, plants yielding long, round, thin-skinned fruit with many small seeds.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** Bush-type genotypes, parthenocarpy, selection, characterization.

## INTRODUCCIÓN

La calabaza (*Cucurbita* spp.) es una especie alógama de polinización entomófila. La producción de calabacita bajo cubierta enfrenta dificultades derivadas de la mala polinización por los abejorros (*Bombus terrestris*), que tienen hábito de vuelo elevado, y las condiciones desfavorables de temperatura en el interior del invernadero. Actualmente existen en el mundo algunas variedades de calabacita comercializadas como partenocárpicas, entre las cuales destacan 'Cora', 'Tosca', 'Balboa', 'Elite', 'Cavili' y 'Mastil'; sin embargo, sus evaluaciones en invernadero han indicado que presentan algunos inconvenientes, como la deformación y caída de frutos tiernos (calabacita) en ausencia de polinizadores (Peñaranda *et al.*, 2007).

Entre los inconvenientes de la mala polinización de la calabacita producida en invernadero en España, están el acortamiento de la vida de anaquel, el crecimiento deforme del fruto y el sabor amargo de la hortaliza, a los que se añaden algunos problemas fisiológicos como el denominado síndrome de "flor pegada" y masculinización de las plantas, ocasionado por las altas temperaturas (Peñaranda *et al.*, 2007).

En la actualidad, y en este contexto, algunas importantes compañías semilleras del mundo están buscando intensamente materiales partenocárpicos que permitan obtener variedades específicas para la producción de calabacita en invernadero. En 2006, la producción de calabacita tipo zucchini en España superó las 240,000 toneladas, concentrándose en Almería el 70 % de la misma, de modo que en dicho país se ha convertido en el cuarto cultivo en importancia en cuanto a productividad y rentabilidad producido bajo invernadero (Peñaranda *et al.*, 2007).

Durante el año agrícola 2007 se sembraron en México 31,738.2 ha de calabaza para verdura a cielo abierto, obteniendo 444,827.2 t. El Estado de México participó con 1,252 ha con una producción total de 17,316.4 t (SAGARPA, 2008). En México, los trabajos sobre mejoramiento genético están encaminados a generar variedades de calabaza con alto potencial de producción de fruto maduro y con alto contenido de semillas (Montes, 1991; Lira, 1995; Villanueva, 2007). La producción de calabacita en invernadero es una alternativa económica importante y factible de desarrollarse. Los frutos partenocárpicos son frutos sin semillas que se desarrollan en ausencia de polinización y fecundación. La partenocarpia supone el desacoplamiento de los procesos de fecundación y crecimiento del fruto, por lo que se trata de un carácter de gran interés a la hora de evitar la falta de amarre de frutos en condiciones ambientales desfavorables para la polinización y la fecundación (Schwabe y Mills, 1981).

Actualmente, conociendo la importancia de la partenocarpia para variedades de calabacita de invernadero, se realizan esfuerzos en la búsqueda de partenocarpia genéticamente determinada para variedades de calabaza

para verdura (*Cucurbita pepo* L.) que no requieran del estímulo de la polinización a fin de que el fruto se desarrolle en forma normal hasta la madurez.

México es centro de origen y domesticación de cuatro especies de calabaza (*C. ficifolia*, *C. argyrosperma*, *C. moschata* y *C. pepo*), con una amplia biodiversidad intraespecífica, razón por la que se consideró que es posible encontrar fuentes de partenocarpia para generar variedades especiales de calabaza para la producción en invernadero. El objetivo de esta investigación fue obtener y caracterizar agrónomicamente nuevos genotipos arbustivos precoces de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) tipo round zucchini que muestren la característica genética de partenocarpia natural.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del experimento

El experimento se desarrolló durante el ciclo primavera-verano (abril a agosto) de los años 2007 y 2008 en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México, geográficamente localizado a 19° 32' de latitud norte y 98° 51' de longitud oeste, altitud de 2,240 m y con clima tipo C: templado húmedo y con estación invernal seca (García, 1988).

### Material genético

La semilla de la población utilizada fue un compuesto de amplia base genética proveniente de la recombinación mediante un diseño dialélico completo con el método IV de Griffing (1989), con siete variedades experimentales de calabazas arbustivas tipo "round zucchini" usadas como progenitores. Dicha población fue desarrollada *ex profeso* durante el ciclo primavera-verano del año 2007, en el programa de mejoramiento genético del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

### Establecimiento del experimento

En la primavera de 2008 fueron sembradas 5,000 semillas provenientes de la población de amplia base genética formada para tal efecto, en charolas de poliestireno con 200 cavidades. Se utilizó turba ("peat moss") como sustrato. Se colocó una semilla por cavidad y posteriormente se humedeció cada charola sembrada. Las charolas se mantuvieron apiladas durante los ocho primeros días, hasta el inicio de la emergencia de las plántulas. En el invernadero se les aplicó un riego diario con agua sola durante los primeros 15 días, y posteriormente se regó con solución nutritiva. La nutrición aplicada fue la solución hidropónica universal (Steiner, 1984) diluida al 50 % hasta el trasplante a campo, que ocurrió a los 25 días posteriores a la siembra, cuando las plántulas presentaban dos hojas verdaderas pequeñas. El trasplante se hizo el 6 de mayo de 2008, en 50 surcos de 50 m de largo, separados a 1.0 m y una distancia entre

plantas de 0.5 m. Se utilizó riego por goteo, el cual sirvió como medio para la aplicación de la fertilización al cultivo con la dosis 200-150-100, distribuida en tres aplicaciones: la primera al momento del trasplante, la segunda 15 días después del trasplante (ddt) y la tercera a los 30 ddt.

### Identificación y selección de plantas partenocárpicas

Un día antes de la antesis de las flores femeninas de calabaza, éstas fueron cubiertas en forma manual, para evitar la polinización, con una bolsa de papel tipo glassine y aseguradas con una grapa para evitar su caída y la introducción de insectos polinizadores. Seis días después de cubiertas las flores, y cuando los frutos rompieron la bolsa por su crecimiento y desarrollo, se asumió que las plantas que no mostraron flacidez y caída de frutos por la falta de polinización son partenocárpicas, por lo que se comenzó con la toma de datos cualitativos y cuantitativos para su caracterización a nivel de plantas individuales. A los 40 días se eliminaron los frutos de las flores inicialmente cubiertas para determinar partenocarpia, para luego proceder a fecundar manualmente las flores de la planta y así procurar la homocigosis en los genes responsables de la partenocarpia, en cada planta; al eliminar los frutos partenocárpicos ya amarrados se logró asegurar suficiente energía de la planta para el desarrollo normal de los frutos de las flores autofecundadas, y así producir la semilla  $S_1$  que permitirá su mantenimiento y utilización.

### Genotipos caracterizados

De las 5,000 plantas establecidas pudieron seleccionarse 46 plantas (genotipos) como partenocárpicas, ya que fueron plantas que mostraron la capacidad de amarrar y desarrollar el fruto en flores no polinizadas. Dichas plantas fueron sometidas a la descripción y caracterización morfológica y agronómica, durante ese mismo ciclo, mientras permanecieron en el campo. La caracterización morfológica se hizo mediante la medición calificada con una escala de 1 a 7 de 45 descriptores (hoja, hábito de crecimiento, fruto y semilla) para *Cucurbita pepo* L., conforme a la UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales 2002-2007, TG/119/4) y siete caracteres cuantitativos adicionales de interés agronómico.

### Análisis estadístico

#### Caracterización

El análisis de los datos de todas las variables registradas se hizo con el paquete estadístico *Statistical Analysis System* (SAS) Versión 8.0. Inicialmente se realizó una discriminación de variables al eliminar aquellas que presentaron coeficientes de variación menores de 10 %. De 52 caracteres en total, se eliminaron 15 para dejar 37 que fueron útiles, ya que los componentes principales no detectaron eficientemente las principales variables que permitieran la caracterización de genotipos partenocárpicos

y separación de grupos similares de ellos.

### Análisis multivariado de grupos

Se aplicó un análisis de agrupamiento utilizando distancias euclidianas al cuadrado calculadas a partir de datos estandarizados. Con el propósito de verificar los resultados del análisis de agrupamiento y determinar los caracteres responsables de la agrupación obtenida, se realizó un análisis discriminante, donde se consideraron dichos grupos como variable categórica. Para verificar la pertenencia de cada uno de los genotipos a los grupos formados, se aplicó una prueba de resustitución de variables (Johnson, 1998), la cual consiste en utilizar las funciones discriminantes generadas sobre las variables originales.

La construcción del dendrograma derivado de las distancias euclidianas se realizó con el método de mínima varianza de Ward. La altura de corte del cluster para definir el número de grupos, se estableció mediante las pruebas: criterio de agrupamiento cúbico (CCC) y el estadístico denominado pseudoestadística- $T^2$  de Hollander (Johnson, 1998). Por último, se representaron en forma gráfica los grupos de genotipos partenocárpicos generados de las variables discriminantes, a partir de la aplicación de una prueba de resustitución de variables (Johnson, 1998).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Obtención de genotipos partenocárpicos

Se identificaron y seleccionaron 46 genotipos partenocárpicos obtenidos a partir de una población inicial de 5,000 plantas provenientes de un compuesto de amplia base genética, los que representan el 0.92 % del total de plantas establecidas. De ellos se obtuvo semilla ( $S_1$ ) mediante sus correspondientes autofecundaciones manuales. En los Cuadros 1 y 2 se muestran los caracteres cualitativos y cuantitativos, que describen y caracterizan a los 46 genotipos partenocárpicos arbustivos de calabaza obtenidos. Los correspondientes caracteres cualitativos que permitieron agrupar en cada caso a los 46 genotipos partenocárpicos obtenidos, fueron:

De fruto: a) forma (27 genotipos redondos, 12 oblongos, seis aplanados y uno cilíndrico); b) costillas en el fruto maduro (41 genotipos con costillas superficiales, cuatro con intermedias y uno ausente); c) resistencia a la separación del pedúnculo en fruto maduro (25 genotipos de separación difícil, 19 intermedia y dos de fácil separación); d) dureza de la cáscara del fruto maduro (40 genotipos con cáscara dura, cinco intermedia y uno suave); e) cantidad de tejido placentario (23 genotipos con alto contenido placentario, 18 intermedio y cinco bajo) y f) sabor de la pulpa (17 genotipos con pulpa dulce, 10 intermedia y 19 insípida).

De semilla: a) color de semilla (nueve genotipos con semilla de color blanco, 17 crema y 20 naranja-bronceado); b) color del margen de la semilla (11 genotipos con margen blanco, 16 bronceado y 19 amarillo) y c) tamaño de semilla (33 genotipos con semilla de tamaño mediano y 13 con semilla pequeña) (Cuadro 1).

De los caracteres cuantitativos estudiados, los que se identificaron con mayor aporte a la caracterización de los respectivos 46 genotipos fueron: a) grosor de cáscara del fruto maduro (nueve genotipos con grosor de cáscara < 2.0 mm, 22 entre 2.0-3.9 mm y 15 fueron > 4.0 mm); b) grosor de pulpa (seis genotipos con grosor < 20 mm, 29 entre 20-30 mm, y 11 fueron > 30 mm) y c) peso seco de semilla por planta (siete genotipos tuvieron < 10 g, 12 entre 10-20 g y 27 tuvieron > 20 g de semilla) (Cuadro 2).

### Valor agronómico de los genotipos

Se aprecia que todos los genotipos partenocárpicos encontrados son de porte arbustivo, precoces a floración masculina y femenina, y productivos (en número total de frutos por planta, fruto maduro y peso de semillas secas por fruto) (Cuadro 2), por lo que se podrían utilizar directamente como nuevas variedades competitivas para la producción en invernadero, con la ventaja de no requerir la deficiente polinización entomófila con abejorros (*Bombus terrestris*), al ser partenocárpicas.

### Selección de variables

En la selección de variables mediante coeficientes de variación menores a 10 %, y por ser prácticamente iguales para todos los genotipos en estudio, éstos no fueron considerados para el análisis; de los 52, fueron eliminados 15 caracteres: hábito de crecimiento (HC), días a floración masculina (DFB♂), días a floración femenina (DF♀), forma transversal del tallo (FTT), pubescencia en el haz (PH), pubescencia en el envés (PE), zarcillos (Z), margen de la hoja (MH), forma transversal del pedúnculo (FTP), forma apical del fruto (FA), color externo predominante del fruto (CEP), color de flor (CF), vida de anaquel (VA), porcentaje de materia seca en pulpa (MSP) y facilidad para separar la semilla (FSS); todo ello por su baja eficiencia para discriminar los genotipos.

### Agrupamiento multivariado de genotipos

El análisis de agrupamiento mediante el método de mínima varianza de Ward y distancias euclidianas al cuadrado (Johnson, 1998), incluyó únicamente las 37 variables seleccionadas. La Figura 1 representa los valores del CCC y la pseudoestadística  $t^2$  de Hollander (Johnson, 1998); estas herramientas estadísticas fueron utilizadas para definir que tres fue el número apropiado de agrupamientos de los 46 genotipos partenocárpicos encontrados.

El agrupamiento cúbico (CCC) definió el número de grupos. El criterio fue el primer número de grupos que en la gráfica respectiva rompe la tendencia del número de grupos conformados por los genotipos (Figura 1).

Esto es conforme a lo señalado por SAS Institute (1998), en el sentido de que un pico en la gráfica generada a partir del CCC en el segundo o tercer grupo, indica una buena agrupación. El estadístico pseudoestadística  $T^2$  define el número de grupos con base en el primer valor numérico, que incluye al menos a 20 % del total de los genotipos (Johnson, 1998) (Figura 1).

Así, el primer grupo quedó constituido por 16 genotipos partenocárpicos (plantas autofecundadas 3, 19, 26, 28, 29, 38, 44, 48, 51, 57, 63, 69, 73, 88, 91 y 97), el segundo grupo por 18 genotipos (5, 14, 21, 25, 33, 35, 41, 45, 56, 62, 82, 83, 87, 90, 93, 96, 103 y 108) y el tercer grupo por 12 genotipos (13, 15, 16, 20, 23, 30, 47, 70, 84, 105, 106 y 107) (Figura 2).

### Análisis discriminante

Los tres agrupamientos resultantes (Figura 2) por el método de mínima varianza de Ward, fueron corroborados mediante un análisis discriminante canónico que utiliza

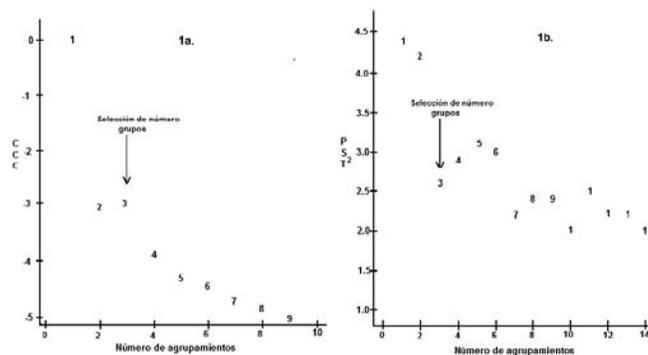


FIGURA 1. Definición del número de grupos conformados de acuerdo al criterio cúbico de agrupamiento (1a) y la pseudoestadística  $T^2$  de Hollander (1b).

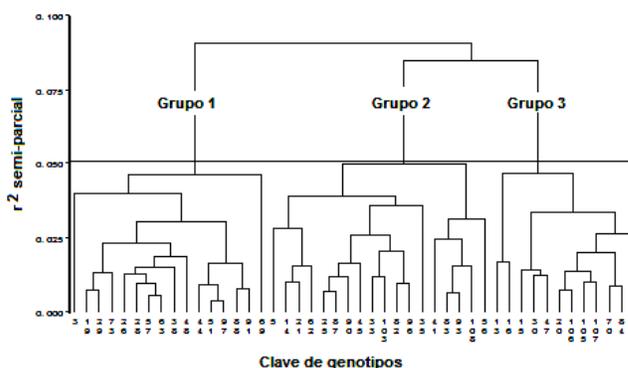


FIGURA 2. Dendrograma jerarquizado de 46 genotipos partenocárpicos de calabaza, obtenido mediante el uso de distancias euclidianas cuadradas ( $r^2=0.050$ ).

**CUADRO 1. Caracterización agronómica mediante 11 descriptores cualitativos de 46 genotipos partenocárpicos de calabaza tipo "round zucchini".**

Núm.	GENOTIPO	FF	DC	CP	SP	CS	GMS	CMS	TS
1	3	redondo	dura	blanca	intermedia	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
2	5	oblongo rectangular	intermedia	anaranjada	dulce	naranja	grueso e irregular	naranja	intermedia
3	13	oblongo rectangular	intermedia	salmón	dulce	naranja	grueso y uniforme	bronceado	intermedia
4	14	redondo	intermedia	blanca	insípida	blanco	delgado y uniforme	bronceado	pequeña
5	15	redondo	intermedia	anaranjada	dulce	blanco	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
6	16	redondo	intermedia	amarilla	dulce	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
7	19	redondo	dura	amarilla	intermedia	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
8	20	aplanado	dura	amarilla	intermedia	café	delgado y uniforme	bronceado	pequeña
9	21	redondo	dura	blanca	insípida	blanco	delgado y uniforme	blanco	pequeña
10	23	redondo	dura	salmón	intermedia	bronceado	grueso y uniforme	bronceado	intermedia
11	25	oblongo rectangular	dura	blanca	insípida	blanco	grueso y uniforme	bronceado	pequeña
12	26	oblongo rectangular	dura	blanca	insípida	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
13	28	oblongo rectangular	dura	salmón	dulce	naranja	delgado y uniforme	bronceado	intermedia
14	29	redondo	dura	blanca	intermedia	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
15	30	redondo	dura	amarilla	intermedia	bronceado	delgado y uniforme	bronceado	intermedia
16	33	oblongo rectangular	dura	blanca	insípida	blanco	delgado e irregular	blanco	intermedia
17	35	oblongo cilíndrico	suave	blanca	insípida	naranja	grueso y uniforme	bronceado	pequeña
18	38	redondo	dura	amarilla	dulce	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
19	41	redondo	dura	blanca	insípida	blanco	delgado e irregular	blanco	intermedia
20	44	aplanado	dura	anaranjada	dulce	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
21	45	redondo	dura	anaranjada	intermedia	naranja	grueso y uniforme	bronceado	intermedia
22	47	redondo	dura	blanca	insípida	amarillo	delgado y uniforme	amarillo	pequeña
23	48	oblongo rectangular	dura	amarilla	intermedia	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
24	51	redondo	dura	amarilla	dulce	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
25	56	redondo	dura	salmón	insípida	amarillo	delgado y uniforme	blanco	intermedia
26	57	oblongo rectangular	dura	blanca	dulce	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
27	62	aplanado	dura	amarilla	intermedia	blanco	delgado y uniforme	blanco	pequeña
28	63	oblongo rectangular	dura	amarilla	dulce	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
29	69	redondo	dura	amarilla	dulce	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
30	70	oblongo rectangular	dura	salmón	insípida	bronceado	delgado y uniforme	blanco	intermedia
31	73	redondo	dura	blanca	insípida	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
32	82	aplanado	dura	amarilla	insípida	bronceado	grueso y uniforme	bronceado	intermedia
33	83	redondo	dura	salmón	dulce	bronceado	delgado e irregular	bronceado	pequeña
34	84	oblongo rectangular	dura	salmón	insípida	bronceado	delgado y uniforme	blanco	pequeña
35	87	aplanado	dura	blanca	insípida	blanco	grueso y uniforme	bronceado	pequeña
36	88	redondo	dura	amarilla	insípida	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
37	90	oblongo rectangular	dura	blanca	insípida	bronceado	grueso e irregular	bronceado	pequeña
38	91	redondo	dura	anaranjada	dulce	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
39	93	redondo	dura	amarilla	intermedia	bronceado	delgado y uniforme	blanco	pequeña
40	96	aplanado	dura	blanca	insípida	bronceado	grueso y uniforme	bronceado	intermedia
41	97	redondo	dura	amarilla	dulce	crema	delgado y uniforme	blanco	intermedia
42	103	redondo	dura	blanca	insípida	bronceado	grueso y uniforme	bronceado	intermedia
43	105	redondo	dura	amarilla	insípida	amarillo	delgado y uniforme	bronceado	intermedia
44	106	redondo	dura	amarilla	dulce	bronceado	delgado e irregular	blanco	intermedia
45	107	redondo	dura	amarilla	dulce	crema	delgado y uniforme	amarillo	intermedia
46	108	redondo	dura	amarilla	dulce	blanco	delgado e irregular	blanco	pequeña

Núm. número de genotipo; FF: forma del fruto; DC: dureza de la cáscara; CP: color de la pulpa; SP: sabor de la pulpa; CS: color de la semilla; GMS: grosor del margen de la semilla; CMS: color del margen de la semilla; TS: tamaño de semilla.

**CUADRO 2. Caracterización agronómica mediante 17 descriptores cuantitativos de 46 genotipos partenocárpicos de calabaza tipo "round zucchini".**

Núm.	GENOTIPO	DF ♂	DF ♀	PLE (cm)	Porte (cm)	NFTP	PF (g)	GCF (mm)	NSF	PS100 (g)	PFSF (g)	PSF (g)	PSS (g)
1	3	49	54	0.63	68	11	1985	2.3	501	6.5	66.5	123	32.5
2	5	49	54	1.33	65	22	1605	2.7	362	6.0	47.1	148	21.7
3	13	49	54	2.33	90	12	2955	4.5	381	9.5	59.4	300	36.2
4	14	49	54	0.60	97	14	1785	5.2	379	7.9	67.4	79	29.9
5	15	49	54	2.20	74	13	2395	4.3	434	14.8	114.5	202	64.3
6	16	49	54	2.70	99	12	2480	1.6	432	11.4	86.0	279	49.3
7	19	49	55	1.23	51	10	1480	1.9	249	11.3	53.0	126	28.2
8	20	56	63	1.30	62	12	2400	2.5	239	11.1	51.9	167	26.6
9	21	56	64	1.33	59	15	1905	3.8	358	9.3	61.5	125	33.3
10	23	49	55	2.60	89	18	3240	4.5	412	8.7	63.5	268	35.9
11	25	49	54	1.43	83	21	2290	5.7	395	8.5	65.3	162	33.6
12	26	49	56	1.50	56	10	1785	2.2	404	7.5	29.0	92	30.3
13	28	49	56	0.90	61	13	1405	3.5	188	7.1	24.0	116	13.4
14	29	49	57	1.17	57	16	950	1.5	81	12.8	19.5	57	10.4
15	30	54	60	1.97	59	12	2510	5.1	408	13.3	81.7	185	54.2
16	33	50	57	1.57	58	12	1465	5.0	326	5.6	32.8	86	18.2
17	35	50	54	1.23	43	12	2200	3.5	235	9.2	48.0	93	21.6
18	38	50	55	0.93	47	12	1410	2.2	312	6.9	32.0	71	21.5
19	41	50	55	1.67	80	19	1145	3.4	10	7.2	1.9	55	0.7
20	44	50	57	1.83	94	21	2345	3.1	99	4.6	17.0	202	4.5
21	45	52	57	1.73	80	18	2525	8.8	237	9.0	50.3	230	21.4
22	47	52	57	2.13	49	16	1955	2.5	572	9.9	99.7	85	56.6
23	48	52	57	1.20	70	17	1245	1.4	295	4.9	46.0	84	14.4
24	51	52	57	1.73	68	14	2125	3.6	215	4.7	31.5	205	10.1
25	56	52	58	1.07	54	18	1890	3.5	126	4.3	13.9	104	5.4
26	57	52	58	1.23	53	12	1455	2.0	251	9.4	55.5	101	23.6
27	62	53	58	1.37	52	21	1230	4.0	305	6.3	35.4	109	19.2
28	63	53	58	1.50	47	11	2140	1.1	302	8.4	56.8	122	25.3
29	69	50	58	1.87	47	12	1185	1.7	364	6.1	51.5	63	22.2
30	70	53	58	2.33	68	15	2350	4.6	333	7.3	53.7	171	24.3
31	73	50	58	1.57	72	23	805	1.1	248	5.6	50.5	41	13.9
32	82	53	58	1.27	76	15	1580	4.6	92	10.9	20.1	117	10.0
33	83	53	58	1.37	77	15	1250	3.3	265	1.1	10.9	123	2.9
34	84	49	58	1.97	60	11	2975	3.1	389	5.2	55.0	190	20.3
35	87	53	58	1.77	90	17	2115	5.3	172	6.8	37.9	149	11.7
36	88	53	59	1.23	73	15	2060	3.3	145	6.8	40.5	122	9.8
37	90	53	59	1.40	48	12	2680	3.6	353	6.4	58.9	159	22.6
38	91	53	59	1.53	57	15	1525	0.9	135	13.0	39.5	119	17.5
39	93	53	59	1.80	64	15	1325	4.6	158	3.8	12.9	115	6.0
40	96	53	59	1.83	46	12	1075	5.2	154	11.7	33.1	66	18.0
41	97	53	59	1.53	59	14	2720	3.2	413	3.5	50.5	250	14.5
42	103	53	59	1.33	55	14	1980	5.9	379	9.5	63.1	132	36.0
43	105	56	59	1.57	52	11	1935	2.9	668	8.6	66.1	107	57.5
44	106	56	59	1.57	52	13	2295	3.9	398	2.9	38.8	195	11.6
45	107	56	59	1.60	52	10	2735	1.4	517	8.7	29.5	212	45.0
46	108	56	60	1.40	79	21	910	2.3	69	6.1	13.4	45	4.2

**Núm:** número de genotipo. **DF♂:** días a floración masculina; **DF♀:** días a floración femenina; **LE:** longitud de entrenudos; **LGP:** longitud de la planta; **NFTP:** número de frutos por planta; **PF:** peso del fruto; **GCF:** grosor de la cáscara del fruto; **NSF:** número de semillas por fruto; **PS100:** peso de 100 semillas; **PFSF:** peso fresco de semillas por fruto; **PSF:** peso seco del fruto; **PSS:** peso de semilla seca por planta.

como variables clasificatorias precisamente a los tres grupos anteriores de genotipos partenocárpicos conformados (Figura 3). El análisis discriminante permitió identificar los caracteres que tuvieron mayor relevancia en la definición de estos grupos.

El análisis determinó que dos funciones discriminantes canónicas (VD1 y VD2) describieron el 100 % acumulado de la variabilidad conjunta de los 37 caracteres seleccionados para definir los grupos; la primera (VD1) representó el 89 % y la segunda (VD2) el 10 % (Cuadro 3).

### Correlaciones canónicas

La estructura canónica total representada en las correlaciones lineales entre las funciones discriminantes generadas con las 37 variables originales seleccionadas, se muestra en el Cuadro 3.

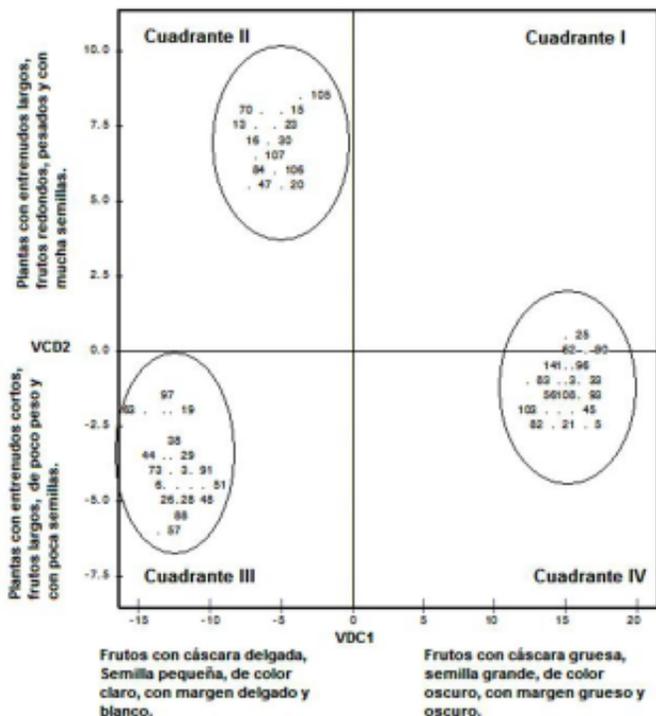
La variable discriminante 1 (VD1) tuvo mayor correlación positiva con los caracteres: textura externa del fruto maduro (TF;  $r_c = 0.47$ ), grosor de la cáscara del fruto maduro (GCF;  $r_c = 0.60$ ) y grosor del margen de la semilla (GMS;  $r_c = 0.62$ ); y una asociación negativa con los caracteres: color de la semilla (CS;  $r_c = -0.77$ ), color del margen de la semilla (CMS;  $r_c = -0.58$ ) y tamaño de la semilla (TS;  $-0.51$ ).

En otras palabras, un mayor valor positivo de VD1 representa genotipos con frutos con cáscara gruesa y de

**CUADRO 3. Estructura de las variables discriminantes canónicas definidas a partir de tres grupos de genotipos partenocárpicos de calabaza (*Cucurbita pepo* L).**

Descriptor	VD1	VD2	CV (%) de las variables
LE	-0.111409	0.639412	28.9691
FH	-0.238108	-0.057833	13.5602
CMF	0.011933	0.125636	33.9999
LOF	-0.169404	0.057884	13.2255
SFA	-0.152757	-0.139335	28.2597
TH	0.163184	-0.050634	22.1768
LGP	0.135318	0.129470	23.3095
NRAM	-0.057457	-0.021568	46.9100
NFTP	0.337607	-0.216452	24.0424
CAP	-0.030415	0.186617	14.8917
FF	0.037677	-0.059884	67.0691
CF	-0.119870	0.304845	23.7144
LP	0.083997	-0.051148	18.9752
SEP	0.083629	0.388439	19.5631
FBF	0.152757	0.139335	12.0041
CES	0.361257	0.307985	11.2020
DP	-0.010501	0.165638	75.1517
TF	0.471547	0.131192	81.8322
LF	-0.146323	0.350328	17.7469
AF	0.075492	0.210721	14.8482
PF	-0.128995	0.607371	31.7339
DC	-0.182569	-0.202885	12.5459
CTP	0.074249	0.358557	23.6026
GCF	0.604905	0.181977	46.2953
GPF	-0.081083	0.368324	22.9788
CP	-0.217069	0.321466	52.9960
SP	-0.458169	-0.021194	39.8701
CS	-0.771016	-0.414598	67.7795
GMS	0.623682	0.039238	58.3419
CMS	-0.587175	-0.293990	36.6888
TS	-0.519272	-0.071489	40.3712
NSF	-0.215268	0.541406	47.0352
PS100	-0.116461	0.281252	37.7484
PFSF	-0.216154	0.491181	50.2057
TP	0.003199	0.097747	33.0193
PSF	-0.165044	0.539537	46.2859
PSS	-0.196222	0.626676	64.9669
<b>Variabilidad conjunta</b>	<b>0.89</b>		<b>0.11</b>

LE: Longitud de entrenudo; FH: Forma de la hoja; CMF: Color de manchas foliares; LOF: Lóbulos foliares; SFA: Susceptibilidad a factores adversos; TH: Tamaño de la hoja; LGP: Longitud de la planta; NRAM: Número de ramas por planta; NFTP: Número de frutos por planta; CAP: Características del pedúnculo; FF: Forma del fruto; CF: Castillas en el fruto; LP: Longitud del pedúnculo; SEP: Separación del pedúnculo; FBF: Forma basal del fruto; CES: Color externo secundario del fruto maduro; DP: Diseños producidos por el color secundario; TF: Textura externa del fruto; LF: Longitud del fruto; AF: Ancho del fruto; PF: Peso del fruto; DC: Dureza de la cáscara; CTP: Cantidad de tejido placentario; GCF: Grosor de la cáscara del fruto; GPF: Grosor de la pulpa del fruto; CP: Color de la pulpa; SP: Sabor de la pulpa; CS: Color de la semilla; GMS: Grosor del margen de la semilla; CMS: Color del margen de la semilla; TS: Tamaño de semilla; NSF: Número de semillas por fruto; PS100: Peso de 100 semillas; PFSF: Peso fresco de semillas por fruto; TP: Textura de la pulpa; PSF: Peso seco del fruto; PSS: Peso de semilla seca.



**FIGURA 3. Agrupamiento de los 46 genotipos partenocárpicos de calabaza mediante análisis discriminante.**

textura rugosa y con semillas de menor tamaño (correlación negativa) de tonalidad oscura. En este sentido, Den Nijs y Miotay (1991) mencionan que en pepinos (*Cucumis sativus* L) hay una correlación negativa entre longitud de fruto y rendimiento de semilla por fruto.

La variable VD2 presentó correlación positiva con: longitud de entrenudos (LE;  $r^2 = 0.63$ ), peso del fruto (PF;  $r^2 = 0.60$ ), número de semillas por fruto (NSF;  $r^2 = 0.54$ ), peso seco del fruto (PSF;  $r^2 = 0.53$ ) y peso seco total de semilla por planta (PSS;  $r^2 = 0.62$ ).

La magnitud de estas correlaciones indica que los

genotipos en general son plantas largas, con frutos grandes y alto contenido de semilla. Estos resultados coinciden con los reportados por Canul *et al.* (2005), quienes señalan a las características fenológicas de semilla y de fruto como las que explican en mayor grado las diferencias entre poblaciones nativas de calabaza.

Debido a que en cada genotipo fueron calculadas ambas variables discriminantes, es posible representarlas en un plano cartesiano donde el eje de las abscisas corresponde a la VD1 y el de las ordenadas a la VD2 (Figura 3). En dicha representación se aprecian los tres grupos separados en forma evidente.

De acuerdo con lo anterior, en la Figura 3 también se definen las características de cada grupo de genotipos:

El grupo 1 integró genotipos con las siguientes características: plantas con entrenudos con longitud intermedia, frutos redondos, pesados, con cáscara gruesa, con mucha semilla y de tamaño grande.

El grupo 2 se caracterizó por agrupar plantas con entrenudos cortos, frutos alargados, con cáscara delgada y de bajo peso; frutos con pocas semillas de tamaño pequeño. En este sentido, Haim *et al.* (2000), indican que el rendimiento de semilla por fruto en *Cucurbita pepo* ssp. *pepo* ha decrecido en el transcurso de la historia con más altos rendimientos en los tipos ancestros, y el grupo de las calabacitas con los rendimientos más bajos.

El grupo 3 lo integraron genotipos con características de plantas con entrenudos largos, frutos redondos, con cáscara delgada y con mucha semilla de tamaño pequeño. Al respecto, Haim *et al.* (2000) mencionan que frutos redondos de *C. pepo* L producen mayor cantidad de semilla y de menor tamaño en comparación con los frutos alargados. Por otro lado Canul *et al.* (2005) indican que la forma de los frutos es fundamental para determinar el tipo de aprovechamiento del mesocarpio; así las formas achatadas son las preferidas para el consumo como verdura (fruto tierno) y en la preparación de dulces (fruto maduro); en este caso específico, todos los grupos encontrados presentan excelentes características para consumo como verdura.

En la etapa vegetativa, los grupos formados se asociaron principalmente por caracteres de la planta, como la longitud de entrenudos, y en menor proporción con el porte (longitud) de la planta, mientras que en la etapa reproductiva los grupos se integraron principalmente por caracteres del fruto y semilla, como la forma del fruto, peso y grosor de cáscara, contenido de semilla y tamaño de la misma, así como color y grosor del margen de ésta.

## CONCLUSIONES

Se obtuvieron y caracterizaron 46 nuevos genotipos partenocárpicos de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) arbustivos y precoces, aptos para el desarrollo de nuevas variedades de calabacita para producción en invernadero, ya que no requieren de insectos polinizadores para el desarrollo normal de los frutos hasta la cosecha.

En la población de amplia base genética construida *ex profeso*, los 46 nuevos genotipos partenocárpicos obtenidos representaron una frecuencia de 0.92 % de plantas partenocárpicas. El análisis discriminante permitió confirmar tres diferentes grupos perfectamente diferenciables a partir de los 46 nuevos genotipos partenocárpicos de calabaza tipo *round zucchini*.

De 52 caracteres evaluados, 37 permitieron explicar el 99 % de variabilidad conjunta de los 46 genotipos partenocárpicos, así como su clasificación en tres grupos bien definidos.

Los 46 genotipos partenocárpicos obtenidos se conjuntaron en tres grupos; grupo 1: plantas con entrenudos de longitud intermedia, frutos redondos, pesados, con cáscara gruesa y muchas semillas grandes; grupo 2: plantas con entrenudos cortos, frutos pequeños, alargados de bajo peso y cáscara delgada con pocas semillas pequeñas y grupo 3: plantas con entrenudos largos, frutos redondos, con cáscara delgada y con muchas semillas de tamaño pequeño.

## LITERATURA CITADA

- CANUL K., J.; RAMÍREZ V., P.; CASTILLO G., F.; CHÁVEZ S., J. L. 2005. Diversidad morfológica de calabaza en el centro-oriente de Yucatán, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 28 (4): 339-349.
- DEN NIJS N., P. M.; MIOTAY, P. 1991. Fruit and seed seed in the cucumber (*Cucumis sativus* L.) in relation to pollen tube, sex type and parthenocarpy. *Gartenbauwissenschaft* 56: 46-49.
- GARCÍA M., E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ta edición. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. 219 p.
- GRIFFING, B. 1989. Genetics Analysis of Plants Mixture. *Genetics*. pp. 943-956.
- HAIM, N.; HARRY S., P.; EFFI P., P. 2000. Fruit shape, size and seed yield in *Cucurbita pepo*. *Acta Hort*. 510: 227-230.
- JOHNSON D., E. 1998. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thompson Editors S. A. de C. V. México. 566 pp.
- LIRA S., R. 1995. Estudios taxonómicos y Ecogeográficos de las Cucurbitaceas Latinoamericanas de importancia económica. IPGRI. Roma, Italia. 281 p.
- 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.

- PEÑARANDAA.; PAYAN M. C.; GARRIDO D.; GÓMEZ P.; JAMILENA M. 2007. Production of fruits with attached flowers in zucchini squash is correlated with arrest of maturation of female flower. *Journal of horticultural science of Biotechnology* 82(4), 579-584.
- SAGARPA. 2008. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Centro de Estadística Agropecuaria.
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. SAS Institute, Version 8.0. Inc. USA.
- SAS Institute Inc. 1998. Technical report A-108. Cubic Clustering criterion. SAS Campus Drive. Cary, N. C., USA. 27513.
- SCHWABE W., W.; MILLS J. J. 1981 Hormones and parthenocarpic fruit set: a literature survey. *Hortic. Abstr.* 51: 661-699.
- STEINER A., A. 1984. The universal nutrient solution. *Proceedings International Congress on Soilless Culture* 6:633-650.
- UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants). 2002-2007. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad de calabaza (*Cucurbita pepo* L.). Ginebra, Suiza. TG/119/4.
- VILLANUEVA V., C. 2007. Calabazas Cultivadas. Identificación de Especies, Caracterización y Descripción Varietal. Editorial. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 86 pp.