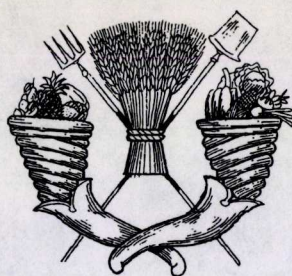


**TESIS FINANCIADA POR THE McKNIGHT FOUNDATION DE
MINESOTA, E.U.A.**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

COMPONENTES DE VARIANZA GENÉTICA Y
RESPUESTA A LA SELECCIÓN COMBINADA EN
CALABAZA *Cucurbita pepo* L. BAJO EL SISTEMA
MILPA



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA

PRESENTA

FITOTECNIA

ISAAC MENESES MÁRQUEZ

918071

CHAPINGO, MÉXICO, JUNIO DE 1999



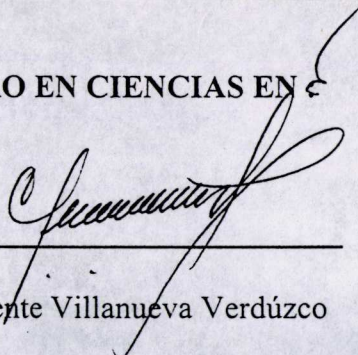
**COMPONENTES DE VARIANZA GENÉTICA Y RESPUESTA A LA
SELECCIÓN COMBINADA EN CALABAZA *Cucurbita pepo* L. BAJO EL
SISTEMA MILPA**

Tesis realizada por **Isaac Meneses Márquez** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

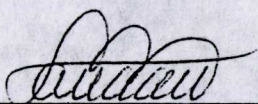
MAESTRO EN CIENCIAS EN

Horticultura

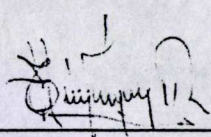
DIRECTOR:


Dr. Clemente Villanueva Verdúzco

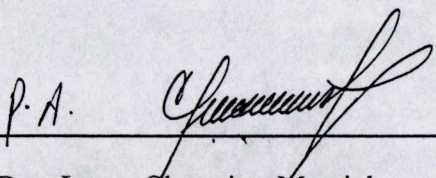
ASESOR:


Dr. Jaime Sahagún Castellanos

ASESOR:


Dr. Tito Roque Vázquez Rojas

ASESOR:

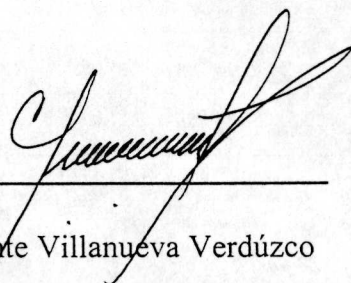

Dra. Laura Channing-Merrick

34354

**COMPONENTES DE VARIANZA GENÉTICA Y RESPUESTA A LA
SELECCIÓN COMBINADA EN CALABAZA *Cucurbita pepo* L. BAJO EL
SISTEMA MILPA**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Isaac Meneses Márquez** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura estuvo constituido por:

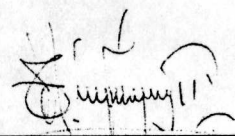
PRESIDENTE:


Dr. Clemente Villanueva Verdúzco

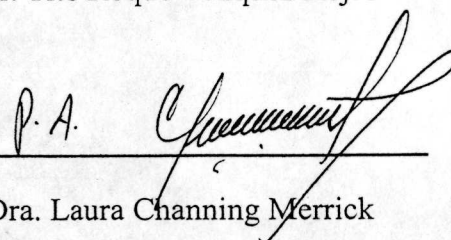
ASESOR:


Dr. Jaime Sahagún Castellanos

ASESOR:


Dr. Tito Roque Vázquez Rojas

ASESOR:


Dra. Laura Channing Merrick

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) y al Departamento de Fitotecnia a través de la Coordinación Departamental de Postgrado en Horticultura, por el apoyo económico proporcionado para poder realizar mis estudios de Maestría. Por darme la oportunidad de continuar con mis estudios de postgrado y lograr una meta más en mi vida.

Al Dr. Clemente Villanueva Verdúzco por la dirección del trabajo de investigación, por su enorme apoyo y ser la persona que siempre me ha brindado su amistad y consejos para superarme cada día más.

Al Dr. Jaime Sahagún Castellanos por su valiosa revisión, sugerencias y aportaciones realizadas al trabajo de investigación.

Al Dr. Tito Roque Vázquez Rojas por la revisión del manuscrito y el asesoramiento en los programas del Sistema de Análisis Estadísticos (SAS).

A la Dra. Laura Channing Merrick por las aportaciones realizadas al trabajo, revisión y sugerencias.

Al Dr. Aureliano Peña Lomelí y el M.C. Domingo Montalvo Hernández que sin ser parte de mi comité, realizó importantes sugerencias en el trabajo de investigación, por su apoyo y amistad que me ha brindado siempre.

Al Dr. Alejandro F. Barrientos Priego por su amabilidad y apoyo para la impresión de la tesis.

A mis mejores amigos: Abel, Miguel Jorge, Miguel Angel, Juan, Valentín, y todos mis compañeros de la Maestría, porque juntos superamos momentos tan difíciles.

DEDICATORIA

A ti mi Dios todopoderoso por ser el guía en mi camino y permitir que pueda alcanzar una de las metas que me he trazado y poder disfrutar de tus bendiciones en cada amanecer de mi vida.

A mis padres:

Asunción Meneses Leal y Natalia Márquez Cruz por su enorme esfuerzo que han realizado para poder darme una mejor educación, por sus grandes consejos que me han dado y guiarme por el mejor camino que debo seguir en la vida.

A mis hermanos:

A todos mis hermanos por darme su apoyo, confianza y amistad, porque juntos hemos disfrutado de las alegrías y tristezas de la vida. Agradezco y comparto esta meta en forma especial, con mi hermano y amigo el Ing. Adán Meneses Márquez, por su enorme apoyo económico que me proporcionó para realizar mis estudios de Maestría. De igual manera a mi hermano Daniel por el apoyo que siempre me ha proporcionado.

A Lucy:

Por darme la oportunidad de poder formar un buen equipo de trabajo y estudio, y concederme momentos de su valioso tiempo durante los estudios de postgrado.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor es ingeniero agrónomo especialista en Fitotecnia, realizó sus estudios en la Universidad Autónoma Chapingo durante el período de 1989 a 1996. El trabajo de investigación con el que obtuvo el título de ingeniero fue "Evaluación de variedades de cebolla *Allium cepa* L. en Chapingo, México." Ingreso a la Maestría en Ciencias en Horticultura en agosto de 1997, y actualmente es colaborador dentro del Proyecto: **"Conservation of Genetic Diversity and Improvement of Crop Production in México: A Farmer-Based Approach"**, y dentro del subproyecto sobre el Sistema Milpa-Calabaza financiado por The McKnight Foundation de Minesota, E.U.A. El tópico sobre el cual ha venido trabajando es en el mejoramiento genético y conservación *ex situ* de calabaza *Cucurbita pepo* L. en Chapingo, Méx.

INDICE

	Pag.
INDICE DE CUADROS.....	i
INDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Origen.....	4
2.2. Clasificación y descripción botánica.....	5
2.2.1. Clasificación.....	5
2.2.2. Descripción botánica.....	6
2.3. Importancia del cultivo.....	9
2.4. Aspectos ecológicos.....	9
2.5. Diversidad genética.....	11
2.6. Diversidad en calabazas.....	12
2.6.1. Conservación de la diversidad genética.....	13
2.6.2. Estrategias de conservación.....	14
2.7. Métodos de mejoramiento genético tradicional.....	16
2.7.1. Objetivos del mejoramiento tradicional.....	17

2.7.2. Métodos de mejoramiento en calabaza.....	18
2.8. Mejoramiento genético participativo.....	19
2.8.1. Ventajas y desventajas.....	21
2.8.2. Problemática para su implementación con productores.....	22
2.9. Antecedentes de la asociación maíz-calabaza.....	23
2.10. Caracteres cuantitativos y cualitativos.....	26
2.11. Componentes de varianza.....	27
2.12. Flujo de genes.....	33
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3.1. Características del sitio de evaluación.....	36
3.1.1. Localización.....	36
3.1.2. Clima.....	36
3.1.3. Suelo.....	37
3.2. Material vegetal.....	37
3.3. Establecimiento en campo.....	38
3.4. Variables estudiadas.....	39
3.5. Selección combinada.....	41
3.6. Diseño experimental.....	42
3.7. Componentes de varianza.....	43
3.8. Tamaño óptimo de muestra.....	48
3.9. Ajuste de rendimiento por familia.....	49
3.10. Variación genética en caracteres cualitativos.....	50
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
4.1. ANAVA para los caracteres evaluados.....	52

4.2. Estimación de componentes de varianza.....	59
4.3. Medias y coeficientes de variación (C.V.).....	61
4.4. Parámetros genéticos estimados.....	64
4.4.1. Varianza aditiva.....	64
4.4.2. Varianza de dominancia.....	68
4.4.3. Coeficiente de variabilidad genética aditiva.....	68
4.4.4. Heredabilidad.....	70
4.4.5. Respuesta esperada a la selección combinada (R_{SC}).....	72
4.4.6. Respuestas esperadas (RE) y observadas (RO) a la selección.....	73
4.5. Respuesta estimada a la selección combinada (R_{SC}).....	76
4.6. Heterocigosis.....	79
4.7. Correlaciones fenotípicas.....	80
4.8. Variación en calidad de fruto maduro.....	83
5. CONCLUSIONES.....	85
6. LITERATURA CITADA.....	87
7. ANEXO.....	95

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag.
1	Cuttler y Whitaker (1961) citado por Pérez <i>et al.</i> (1997), presentan una lista del material del género <i>Cucurbita</i> spp., el sitio arqueológico y su antigüedad.	5
2	Análisis de varianza para f familias (F), r bloques (B) y p plantas por bloque por familia (P). Modelo UNO.	44
3	Análisis de varianza para f familias (F) y n frutos por familia por familia (R). Modelo DOS.	45
4	Análisis de varianza para s surcos (S), r bloques (B) y p plantas por bloque por surco (P). Modelo TRES.	45
5	Cuadrados medios (primera hilera) y componentes de varianza estimados (segunda hilera) de cuatro caracteres de una población de calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L. Chapingo, Méx., 1997.	53
6	Cuadrados medios (primera hilera) y componentes de varianza estimados (segunda hilera) de cuatro caracteres de una población de calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L. Chapingo, Méx., 1997.	54
7	Cuadrados medios (primera hilera) y componentes de varianza estimados (segunda hilera) de cuatro caracteres de una población de calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L. Chapingo, Méx., 1998.	55
8	Cuadrados medios (primera hilera) y componentes de varianza estimados (segunda hilera) de ocho caracteres de una población de calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L. Chapingo, Méx., 1998.	56

9	Cuadrados medios (primera hilera) y componentes de varianza estimados (segunda hilera) para tres caracteres en 'Zucchini Tala' intercalado en una población de calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L. Chapingo, Méx., 1997.	57
10	Cuadrados medios (primera hilera) y componentes de varianza estimados (segunda hilera) para tres caracteres en 'Zucchini Tala' intercalada en una población de calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L. Chapingo, Méx., 1998.	58
11	Parámetros genéticos estimados (a) para 12 caracteres (b) en una población de calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L. Chapingo, Méx., 1997.	63
12	Parámetros genéticos estimados (a) para 12 caracteres (b) en una población de calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L. Chapingo, Méx., 1998.	64
13	Estimadores de varianzas aditiva (σ_A^2), fenotípica de individuos (σ_o^2), fenotípica entre familias (σ_{PB}^2), fenotípica dentro de familias (σ_{PW}^2) y respuesta esperada a la selección combinada de medios hermanos maternos (R_{SC}). Chapingo, Méx., 1997.	73
14	Estimadores de varianzas aditiva (σ_A^2), fenotípica de individuos (σ_o^2), fenotípica entre familias (σ_{PB}^2), fenotípica dentro de familias (σ_{PW}^2) y respuesta esperada a la selección combinada de medios hermanos maternos (R_{SC}). Chapingo, Méx., 1998.	74
15	Comparación de las respuestas estimada (RE) y observada (RO) a la selección combinada de medios hermanos maternos (SCMHM) para 12 caracteres en calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L. Chapingo, Méx., 1997,1998. .	75
16	Media, desviación estándar y tamaño óptimo de muestra para 12 caracteres en calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L. Chapingo, Méx., 1997,1998. .	78
17	Ganancia estimada por ciclo de selección mediante el método de regresión lineal en calabaza. Chapingo, Méx., 1997,1998.	79
18	Frecuencias alélicas para ocho caracteres de herencia simple en calabaza. Chapingo, Méx., 1997,1998.....	80
19	Correlaciones fenotípicas para caracteres de una población de calabaza	

	<i>Cucurbita pepo</i> L. Chapingo, Méx., 1997,1998.	81
20	Correlaciones fenotípicas para caracteres de fruto de una población de calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L. Chapingo, Méx., 1997,1998.	82
21	Variación para calidad de fruto maduro de calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L. Chapingo, Méx., 1997,1998.	84

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pag.
1A	Condiciones climáticas durante el desarrollo del experimento. Chapingo, Méx., 1997.	95
2A	Condiciones climáticas durante el desarrollo del experimento. Chapingo, Méx., 1998.	95

RESUMEN

Componentes de varianza genética y respuesta a la selección combinada en calabaza *Cucurbita pepo* L. bajo el sistema milpa

El presente trabajo se realizó con la finalidad de caracterizar y analizar la variación genética en una población de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) de amplia base genética, simultáneamente a la aplicación de un proceso de selección combinada de medios hermanos maternos, bajo el sistema de asociación maíz-calabaza. El diseño utilizado fue un bloques al azar y un completamente al azar, con 120 tratamientos (familias) y 17 repeticiones; variando únicamente las repeticiones (5) para el completamente al azar. Se intercaló un surco de maíz con cada surco de calabaza (familia) y un surco de calabaza híbrida 'Zucchini Tala' cada 12 familias para la estimación de la varianza ambiental y determinar los componentes de varianza genética de la población. En general, se encontró alta diversidad genética en todos los caracteres evaluados pero la selección la disminuyó. Además, la varianza genética total estuvo determinada por efectos aditivos de los genes. Las varianzas de dominancia fueron negativas y altamente significativas. La magnitud de la heredabilidad varió con el carácter entre 29.2% a 95.4% y 28.96% a 88.8% para el primero y segundo año de selección, respectivamente. En calidad de fruto maduro se lograron avances importantes: en el primer año predominaron colores y sabores de pulpa no deseados (insípido y amarillo claro) en un 50% y 30%, respectivamente; y para el segundo año se encontraron sabores muy dulces y dulces en 62.9 % de los frutos y colores anaranjados para pulpa de fruto de 61%, respectivamente.

Palabras clave: *Cucurbita pepo* L., varianza ambiental, componentes de varianza, varianza genética, heredabilidad.

¹ Resumen de la tesis que presenta el autor como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura.

² Director de tesis: Profesor-Investigador de Tiempo Completo en el Depto. de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

ABSTRACT

Isaac Meneses Márquez

GENETIC VARIANCES COMPONENTS AND COMBINED SELECTION RESPONSES IN SQUASH *Cucurbita pepo* L. UNDER THE MILPA SYSTEM

28 de Junio de 1999

Under the direction of C. Villanueva-Verdúzco.

The present work was carried out with the aim of characterization and analyzing the variation in a squash population (*Cucurbita pepo* L.) of broad genetic base, simultaneously for applying a half sib family combined selection process under the system of corn-squash association. Randomized blocks and completely randomized design were used with 120 treatments (families) and 17 replications, y 5 replications for the completely randomized. A row maize plant was interplanted with each row of squash and one row of hybrid squash 'Grey Zucchini Tala' each 12 families for estimating the environmental variance and determining the genetic variance components of the population. In general the found genetic diversity was high in all traits evaluated (quantitatives and qualitatives) but the selection the decreased. In addition the total genetic variance is determined by additive effects of the genes. The dominance variance was negative and highly significant. The heredability ranged between 29.2 to 95.4% and 28.9 to 88.8% for the first and second year of selection, respectively. The variation in mature fruit quality important advances, in the first year not desired flesh colors and flavor (insipid and yellow) of 50% and 30%, respectively were obtained and in the second year flesh flavors very sweet to sweet of 62.9% of the fruits and orange for flesh color of 61 % were obtained.

Key words: *Cucurbita pepo* L., environmental variance, variance components, genetic variance, heredability.

1. INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético se inició cuando el hombre primitivo cambió su hábito nómada y de recolección por una agricultura naciente, al seleccionar las mejores plantas y luego multiplicarlas; así, la selección se convirtió en el primer método de mejoramiento. Al contar con bases científicas, no sólo para buscar y seleccionar genotipos superiores en las poblaciones, sino para planear y formar nuevos tipos de vegetales más o menos a voluntad, aprovechando la variabilidad de las poblaciones, el fitomejoramiento fue teniendo menos de arte y más de ciencia (Chávez, 1993).

Los agricultores han practicado por siempre la selección, pero la domesticación es un proceso evolutivo inducido que se relaciona con la respuesta de las mejores plantas o frutos de sus parcelas con base en su criterio. Estos son utilizadas como semilla del siguiente ciclo o generación. Gracias a que normalmente existe una gran variabilidad dentro de las especies cultivadas, el mejoramiento genético es una de las mejores alternativas para aumentar los rendimientos por unidad de superficie.

Hoy en día, se conoce varias metodologías de mejoramiento. Estas se aplican en programas nacionales así como en los programas de los centros internacionales de mejoramiento genético, cuya principal finalidad ha sido incrementar la producción de alimentos para la población mundial. Sin embargo, esta tecnología para mejoramiento de

variedades incrementa la uniformidad del cultivar, siendo esto una amenaza de colapso en el rendimiento, pudiendo suceder que dichos centros lleguen a ser un instrumento para la destrucción de la diversidad genética de los cultivos (Frankel y Hawkes, 1975). Es decir, es una agricultura (tecnología moderna) que tiene una alta capacidad de producción ligada a una baja productividad; cuya principal característica es la de uniformizar el material biótico y el agrohábitat y como consecuencia la reducción de la diversidad de agrohábittats y de genotipos (Hernández y Zarate, 1991).

En México, donde todavía se practica la agricultura tradicional (e. g. asociación maíz-calabaza) la conservación de recursos genéticos por los propios campesinos es una alternativa viable siempre y cuando existan programas de conservación *in situ* de los recursos; ya que esto produce una enorme diversidad genética (Mapes, 1991). En consecuencia, para mantener la diversidad genética y lograr aumentos en la producción, es necesario aplicar algún método de mejoramiento genético; pero, bajo el sistema tradicional que usan los campesinos, ya sea *in situ* o *ex situ*.

Este nuevo enfoque ha despertado interés de algunas instituciones tales como la "Fundación McKnight" para apoyar este tipo de proyectos y en particular al "Sistema Milpa-Calabaza" de la cual forma parte el trabajo que aquí se describe.

Por todo lo anteriormente mencionado y considerando que la problemática de la calabaza en México, además de las enfermedades vírales, enfermedades fungosas del follaje y las plagas, se presenta la ausencia de mejoramiento genético enfocado a los

usos actuales del cultivo: hortaliza (flor y fruto tierno), semilla (pepitas y aceite) y fruto maduro; en el presente trabajo se persigue los objetivos que a continuación se menciona.

1.1. OBJETIVOS

1. Caracterizar la diversidad genética en caracteres agronómicos y morfológicos (cuantitativos y cualitativos) de la planta y fruto de una población de calabaza *Cucurbita pepo* L.

2. Correlacionar caracteres morfológicos con caracteres cuantitativos de interés agronómico de la planta, fruto y semilla.

3. Aplicar selección combinada de medios hermanos para rendimiento, calidad de fruto y semilla en una población de amplia base genética.

4. Estimar los parámetros genéticos que permitan predecir el avance que se puede lograr a través del esquema de selección combinada de medios hermanos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen

La calabaza (*Cucurbita pepo* L.) es una de las especies cultivadas del género que han sido mejor estudiadas en los últimos años; ya que, las investigaciones biosistemáticas, etnobotánicas y morfométricas, en conjunción con datos arqueológicos, son las principales fuentes de información mediante las cuales se ha logrado avanzar en el conocimiento acerca del origen y domesticación de esta especie (Lira, 1995).

Los restos más antiguos de esta especie han sido encontrados en México, en el Valle de Oaxaca (8750 AC-700 DC) y en las cuevas de Ocampo, Tamaulipas (7000-5000 AC), y su presencia en los Estados Unidos es también muy antigua y en algunos casos mayor a la atribuida a los restos de otros cultivos importantes domesticados más al sur (Lira, 1995).

El término calabaza se deriva evidentemente de la lengua de los indígenas de Norteamérica para indicar un fruto, aparentemente de *C. pepo* L. consumido en estado inmaduro o para consumir sus semillas maduras. Este término es usado ahora para designar las formas de *C. pepo* L., que son consumidas inmaduras, los cultivares de *C. maxima* Funh. y los cultivares de *C. mixta* Pang. consumidos maduros. También es

utilizado para nombrar ciertos cultivares de *C. pepo* L. y *C. moschata* consumidas en estado maduro (Whitaker y Robinson, 1986).

Las especies cultivadas del género *Cucurbita* poseen el mayor número de datos arqueológicos, siendo superado en este aspecto por el maíz; las semillas, pericarpio y pedúnculos de frutos han puesto en evidencia su gran importancia, y su manejo por el hombre a través del tiempo en diferentes sistemas del cultivo (Whitaker y Davis, 1962; citado por Pérez *et al.*, 1997).

Cuadro 1. Cuttler y Whitaker (1961) citado por Pérez *et al.* (1997), presentan una lista del material del género *Cucurbita* sp el sitio arqueológico y su antigüedad.

Especie	Sitio arqueológico	Antigüedad aproximada	Centro de origen
<i>C. pepo</i>	Cuevas de Ocampo. Tamaulipas, México	7000 a.c.	México (Altiplano)
<i>C. moschata</i>	Huaca Prieta, Perú	3000 a.c.	Centroamérica y Sur de Norte américa.
<i>C. maxima</i>	Valle de Ica, Perú	6000 d.c.	América del Sur
<i>C. mixta</i>	Cuevas de Ocampo. Tamaulipas, México.	2000 d.c.	Centroamérica y Sur de México.
<i>C. ficifolia</i>	Huaca Prieta, Perú.	3000 a.c.	Altiplano y Centroamérica

2.2. Clasificación y descripción botánica

2.2.1. Clasificación

Las “cucurbitas” (término acuñado por Bailey para especies cultivadas de la familia Cucurbitaceae, y hoy en día también es usado para referirse a muchas especies de ésta familia), consisten principalmente de dos subfamilias bien definidas, ocho tribus

representando grados de variación y cerca de 118 géneros y 825 especies (Jeffrey, 1990). Los principales cultivos de las “cucurbitas” entre las que se encuentra la calabaza *C. pepo* L. y otros muchos más táxas silvestres tienen un valor económico actual o potencial, haciendo de las cucurbitaceas una de las familias más importantes para la explotación humana. En *Cucurbita* sp. hay 5 especies domesticadas (*C. argyrosperma*, *C. ficifolia*, *C. maxima*, *C. moschata* y *C. pepo* L.) y aproximadamente 10 especies silvestres (Robinson y Decker-Walters, 1997). De acuerdo con estos mismos autores, la calabaza se clasifica de la siguiente manera:

Clase.....Angiospermae
 Subclase.....Dicotiledoneae
 Orden.....Cucurbitales
 Familia.....Cucurbitaceae
 Subfamilia.....Cucurbitoideae
 Tribu.Cucurbiteae
 Subtribu.....Cucurbitinae
 Género.....*Cucurbita*
 Especie.....*pepo*
 Nombre común.....Calabaza, pumpkins

2.2.2. Descripción botánica

La calabaza *C. pepo* L. es una especie altamente polimórfica, incluye varias calabazas de verano, ornamentales, invierno, pumpkins y cultivares únicos tal como “verdura espagueti” (Robinson y Decker-Walters, 1997).

Tanto la raíz principal como las secundarias se desarrollan ampliamente. La raíz principal puede alcanzar profundidades de más de 2 m, además, presenta muchas raíces secundarias encontrándose cerca de la superficie del suelo en los primeros 60 cm. Las raíces se extienden hasta fuera o más lejos que los tallos sobre el terreno, aunque se mencionan distancias de 4 a 5 m a partir de la raíz principal (Garza, 1985); en general, con un sistema radical fibroso (Robinson y Decker-Walters, 1997). La corteza de las raíces primarias están aparentemente involucradas en el desarrollo de raíces secundarias, aunque también pueden aparecer raíces adventicias de los nudos del tallo aún sin que se esté en contacto con el suelo u otro substrato (Robinson y Decker-Walters, 1997).

Los tallos herbáceos o en ocasiones ligeramente leñosos son erectos en las primeras etapas, y después se tornan rastreros; son angulares (cinco bordes o filos), cubiertos de vellos y pequeñas espinas puntiagudas de color blanco, cuyas ramas primarias y secundarias pueden alcanzar hasta 15 m en longitud, presentándose también unas estructuras denominadas zarcillos en las axilas de las hojas; particularmente en algunos cultivares o híbridos de *C. pepo* L. tienen un hábito arbustivo compacto en la cuál los zarcillos han sido reducidos en tamaño y función (Robinson y Decker-Walters, 1997).

Las hojas son palmeadas lobuladas, se sostienen por medio de peciolo largos y huecos; el limbo es grande y espinoso. Algunos cultivares de *C. pepo* L. y otras especies tienen hojas moteadas, con áreas blancas o plateadas junto a la nervadura principal (Robinson y Decker-Walters, 1997).

El cultivo de la calabaza es una especie monoica, las flores masculinas y femeninas son unisexuales; de las cucurbitas, la calabaza es la que tiene las flores más grandes. Las flores masculinas siempre aparecen primero; tienen un pedúnculo muy largo y delgado, a diferencia de las femeninas, que lo tienen corto y cuyo ovario es ensanchado. Los pétalos de ambas flores son de color amarillo anaranjado; su polinización es principalmente entomófila (insectos). El lóbulo del cáliz es angosto, los pétalos alternados con sépalos, las cuales están unidos en sus bases y fusionados en la parte más baja de la corola para formar un hipantio parecido a copa. Aunque los tres filamentos están separados, las anteras están más o menos unidas y muestran cantidades abundantes de polen espeso y pegajoso, cuyos granos de polen son grandes y esféricos. Los estilos están típicamente todos unidos, pero ellos divergen muy poco cuando los estigmas están unidos. El néctar es producido a un lado del disco y en la base del hipantio. Presenta un ovario ínfero, unilocular con tres o cinco placentas, correspondiendo al número de estigmas bilobuladas (Robinson y Decker-Walters, 1997).

Los frutos de *C. pepo* L. son extremadamente variables en tamaño, forma, color de cáscara, cáscara exterior, color de pulpa, textura de pulpa, y otras características (Whitaker, 1968). Estos tipos de frutos son más diversos genéticamente que muchas otras especies, son de color verde, amarillo, anaranjado, blanco, rayados o variegados; liso, costilluda, arrugados o verrugosos; y en forma plana, redonda, oval, elongada, o de otra forma. El tamaño de fruto varía considerablemente desde pequeño (5 cm de diámetro en algunas calabazas ornamentales) a grandes (alrededor de 50 cm de diámetro en algunas calabazas). El color de pulpa es generalmente blanco para calabazas de

verano y anaranjado para las de invierno. Las semillas son de color blanco, crema o ligeramente cafés (Robinson y Decker-Walters, 1997).

2.3. Importancia del cultivo

El cultivo de la calabaza ha tenido primordial importancia en el desarrollo de las primeras civilizaciones de América, siendo muy popular en México y en la mayoría de los países americanos donde existen variedades criollas para una determinada región (Pérez *et al.*, 1997).

Las calabazas son cultivadas generalmente en pequeñas superficies de terreno, y en datos de producción de México sólo se reportan las de la calabacita (*Cucurbita pepo* L.); el comercio de las demás especies es mínima (Pérez *et al.*, 1997).

Guenkov (1974) mencionó que la importancia de la calabaza se debe al contenido de sustancias nutritivas y a sus cualidades gustativas del fruto. También menciona que la pulpa del fruto contiene del 11 al 17 % de sólidos totales y 45 % de azúcares, de acuerdo a las variedades; y las semillas, son muy ricas en grasas y albuminas.

2.4. Aspectos ecológicos

Las Cucurbitaceas son esencialmente una familia tropical. Comparativamente pocas especies son endémicas de áreas templadas y ninguna es resistente a las heladas.

Sorprendentemente, algunas de las especies cultivadas de esta familia parecen estar mejor adaptados a áreas templadas que a las áreas de la cual ellas son presumiblemente endémicas. Las plantas de *Cucurbita* sp. son fácilmente cultivadas y ampliamente adaptadas, y demandan solamente cantidades moderadas de humedad del suelo y nutrimentos para producir un rendimiento satisfactorio (Whitaker, 1968).

Es una planta de clima cálido, aunque se le encuentra en distintos lugares del país; es insensible al fotoperiodo. La temperatura para la germinación de las semillas debe ser mayor de 15°C, siendo el rango óptimo de 25°C a 30°C (Robinson y Decker-Walters, 1997); para su desarrollo requiere de 18°C a 35°C y además, se ha comprobado que temperaturas altas (35°C) y días largos con alta luminosidad tienden a formar más flores masculinas, y con temperaturas frescas y días cortos hay mayor formación de flores femeninas (Valadez, 1994). El mejoramiento genético ha creado varios cultivares insensibles a la longitud del día dentro de los principales cultivos de “cucurbitas”, y dentro de ellas existen cultivos menos importantes que son de día neutral en forma natural (Robinson y Decker-Walters, 1997). En general, *C. pepo* L. es más tolerante a las bajas temperaturas a diferencia de las otras especies anuales, lo que permite cultivarlas en zonas elevadas de hasta 2000 m (Whitaker, 1968; Robinson y Decker-Walters, 1997).

La calabaza prospera en cualquier tipo de suelo, no teniendo ninguna preferencia por alguno en particular. Los rendimientos son más altos, sin embargo, si el suelo está bien drenado y dentro del rango de ligeramente ácido y ligeramente alcalino (Whitaker,

1968); mientras que Valadez (1994), mencionó que es una especie catalogada como una planta moderadamente tolerante a la acidez, siendo su pH 5.6-6.8 y en cuanto a la salinidad, se reportó como medianamente tolerante, alcanzando valores de 3840 a 2560 ppm.

2.5. Diversidad genética

Existen entre 250 000 y 350 000 especies de plantas con flores, unos 200 000 especies de algas, también como muchas especies de hongos, coníferas, musgos y líquenes dando un total de medio millón de especies vegetales en el mundo (Prance, 1997).

Cada una de las especies tiene requerimientos de hábitats diferentes, desempeñan distintas funciones ecológicas en ecosistemas diferentes y tienen distintos usos ó usos potenciales para la humanidad (Prance, 1997).

El botánico Alvin Gentry estima que existen entre 15 000 y 20 000 especies no conocidas de plantas de floración tropical. Hoy en día, menos de 5 % de la diversidad biológica de los bosques tropicales es conocido por la ciencia (Reid y Miller, 1989).

De acuerdo a una estimación realizada por el director del Jardín Botánico de Missouri, podemos estar perdiendo 100 especies por día; además, otros investigadores estiman que 50 especies están empezando a extinguirse diariamente. De todas las

especies que siempre han existido sobre la tierra, solamente entre 1 y 6 % existe actualmente (Reid y Miller, 1989).

2.6. Diversidad en calabazas

La variación de *Cucurbita pepo* L. es comparable o muy probablemente mayor a la de *C. maxima*, pues no sólo abarca cultivares comerciales y razas o variedades locales comestibles con características morfológicas y/o fenológicas diversas, sino también varios cultivares que en la actualidad son empleados con fines ornamentales como los llamados “Orange Ball”, “Miniature Ball” y “Striped Pear” (Lira, 1995).

Experimentos de hibridación de los taxones pertenecientes a *Cucurbita mixta* con otras cultivadas y silvestres del género, y algunas observaciones de campo han mostrado que con las especies cultivadas, *Cucurbita moschata* es la que presenta el mayor grado de compatibilidad. En un segundo nivel de compatibilidad están los taxones cultivados y silvestres de *Cucurbita pepo* L. algunos cultivares de *Cucurbita maxima* y la especie silvestre perenne *Cucurbita foetidissima* H.B.K. Un tercer grupo formado por *Cucurbita lundilliano* L. H. Bailey y *Cucurbita martinezzi* L. H. Bailey con los que los cruzamientos sólo producen frutos sin semilla viable. El cuarto y último grupo incluye especies perennes como *C. pedatifolia* L. H. Bailey, *C. digitata* A. Gray, *C. sensulata* y *C. radicans naudium* con las que sólo se han logrado obtener unos cuantos frutos pero en general sin semillas viables (Whitaker y Bemis, 1964).

2.6.1. Conservación de la diversidad genética

El desarrollo de las ideas sobre la conservación de la biodiversidad fue alrededor del primer cuarto de siglo, por el genetista ruso N. I. Vavilov. Además, es el primer científico en entender la importancia para la humanidad de la conservación y utilización de la diversidad genética de los ancestros de las plantas cultivadas y sus parientes silvestres en los centros de diversidad (Maxted *et al.*, 1997).

Después, en los años 40's - 60's los científicos empezaron a darse cuenta que el "pool" de la diversidad genética conocida por Vavilov y sus colegas estaba empezando a desaparecer; a través de la sustitución de razas antiguas, primitivas y altamente diversas a los suelos, por variedades modernas uniformes creadas por fitomejoramiento, esto a hecho que el "pool" de genes de los cultivos haya empezado a erosionarse. La diversidad genética de especies silvestres igualmente empezaba a desaparecer por las actividades humanas: sobre explotación, destrucción o fragmentación de hábitats, como resultado de la competencia por la introducción de especies raras o variedades, cambios e intensificación del uso del suelo, contaminación ambiental y posibles cambios climáticos (Maxted *et al.*, 1997).

La importancia de la conservación radica principalmente en: 1) la conservación vegetal es una necesidad urgente debido a que las especies están empezando a extinguirse y muchas otras están amenazadas y en peligro; 2) se necesita conservar las especies vegetales debido a la dependencia humana sobre estos para muchos usos diferentes y necesarios para su sobrevivencia; 3) una gran diversidad de plantas es

necesaria para mantener varios ecosistemas naturales funcionando establemente y 4) las plantas que se usan como cultivo están aún dependiendo de la amplia base genética que existe en sus parientes silvestres (Prance, 1997).

Durante los últimos años, los planes para un Estrategia de Conservación de la Biodiversidad ha sido desarrollada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN) con soporte del Banco Mundial y otras instituciones. Aunque esto ha sufrido varias modificaciones el plan conserva sus elementos esenciales. Basado sobre el eslogan “salva esto, estudia esto, usa esto” el programa consiste de un paquete que incluye reservas protegidas, proyectos bilaterales de conservación con diferentes gobiernos y extienden el papel del sector privado en la cosecha de productos forestales de una manera sustentable (WRI *et al.*, 1990).

En México, el interés por el estudio, conservación y adecuada utilización de recursos fitogenéticos adquiere importancia especial por las razones siguientes: a) nuestra enorme riqueza florística (alrededor de 30 000 especies de plantas superiores; b) la mitad sur del país junto con el norte de Centro América, es uno de los centros mundiales de origen y diversidad de plantas cultivadas (60 - 100 especies) (Ortega *et al.*, 1991).

2.6.2. Estrategias de conservación

Las estrategias de conservación comprenden dos formas básicas, cada una compuesta de varias técnicas que los conservacionistas pueden adoptar para conservar

la diversidad genética una vez que este ha sido localizado. Las dos estrategias son *ex situ* e *in situ*. El artículo 2 de la Convención sobre Diversidad Biológica dan las siguientes definiciones de estas categorías: La conservación *ex situ* implica la conservación de los componentes de la diversidad biológica fuera de sus hábitats naturales, mientras que la conservación *in situ* implica la conservación de ecosistemas y hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus alrededores naturales y, en el caso de especies domesticadas o cultivadas, en los alrededores donde estas pueden desarrollar sus propiedades distintivas.

De acuerdo con Maxted *et al.* (1997), las dos estrategias básicas de conservación pueden ser subdivididas en varias técnicas específicas:

Ex situ:

1. Almacenamiento de semillas
2. Almacenamiento in vitro
3. Almacenamiento de ADN
4. Almacenamiento de polen
5. Banco de genes
6. Jardín botánico

In situ:

1. Reservas genéticas
2. Con productores
3. Jardines domésticos

Las estrategias *ex situ* e *in situ* para la conservación de recursos genéticos son cada vez vistas como complementos en vez de substitutos, ya que la conservación *ex situ* está adaptado hacia un número relativamente pequeño de plantas conocidas, además fija el material genético de la planta al momento en que éste entra al banco de germoplasma. Este tipo de conservación se realiza en instalaciones de almacenamiento especializados y están intentando conservar el recurso genético fuera de las influencias ambientales; en contraste, la conservación *in situ* está dirigida a colecciones más grandes de especies, algunas de las cuales no siempre son conocidas y la conservación se realiza en su contexto ambiental (Gollin y Smale, 1999).

2.7. Métodos de mejoramiento genético tradicional

Durante la década de los 60's la comunidad internacional fue testigo de una importante transformación del panorama agrícola de las diferentes partes del mundo, producto del impacto que sobre la agricultura tuvo la aplicación de la nueva tecnología. Su efecto, sin precedentes en la historia, fue tan evidente que alcanzó el calificativo de revolucionario. En efecto, aún en nuestros días se utiliza el término "revolución verde" para referirse a este importante, aunque polémico, episodio de la historia de los logros en el mejoramiento de los cultivos (Krishnamurthy y Sahagún, 1990).

El éxito alcanzado en la investigación del mejoramiento de los cultivos, particularmente de los de trigo y arroz, no puede calificarse más acertadamente que con el adjetivo de fenomenal. Muchas de las variedades actuales, además de ser aptas para su cultivo en zonas geográficas muy amplias y diversas, han producido incrementos en

producción verdaderamente dramáticos. Esto ha sido posible gracias al desarrollo tanto de nuevas variedades como de prácticas agronómicas tales como la irrigación, la fertilización, el control de plagas, enfermedades y malas hierbas, etc (Krishnamurthy y Sahagún, 1990).

2.7.1. Objetivos del mejoramiento genético tradicional

Una de las características de las estrategias que el sistema del Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) utiliza en la investigación para la producción de los cultivos ha sido la búsqueda del incremento de producción por unidad de área, en contraposición a la práctica usual de incrementar la superficie cultivada con el fin de satisfacer las demandas de alimentos. Para la obtención plena de esta meta, la investigación que realizan los centros internacionales del CGIAR, basada en un enfoque multidisciplinario, se ha centrado en los cuatro objetivos principales siguientes:

1. Incrementar el potencial de rendimiento;
2. Reducir la distancia entre los rendimientos potenciales y los reales;
3. Mejorar la estabilidad de los cultivos y, muy importante,
4. Reducir el impacto erosivo que las plagas, enfermedades y demás adversidades ambientales ejercen sobre el rendimiento de los cultivos.

El **acondicionamiento del germoplasma** vía mejoramiento genético es la esencia del camino que se sigue en la obtención de estos bien definidos objetivos. Este

término se refiere al manejo de la variabilidad genética conducente a la formación de nuevas combinaciones de genes que permitan a las plantas portadoras de éstas mostrar comportamientos acordes con los objetivos perseguidos (Krishnamurthy y Sahagún, 1990).

2.7.2. Métodos de mejoramiento en calabaza

Pérez *et al.* (1997), menciona que el sistema de reproducción (monoica) de la calabaza es semejante a la del maíz, por lo tanto los métodos de mejoramiento también son similares. Los métodos que se emplean son: Selección, Retrocruza e Hibridación, entre otros.

En el caso de la **Hibridación**, el mejoramiento genético de las especies cultivadas de Cucurbita se han aplicado básicamente metodologías encaminadas a explotar la endogamia y la heterosis. Esto se debe a que la reducción del vigor durante varios ciclos de autofecundación no es significativa y, por consecuencia, el costo de la producción de la semilla no es alto (Pérez *et al.*, 1997). El **Método Trisómico** consiste en localizar el cromosoma en que se encuentra el gene favorable y transferirlo a la variedad por mejorar. Es decir, la variedad mejorada tendrá un cromosoma más en uno de sus pares cromosómicos (Whitaker y Robinson, 1986).

Respecto al **Método Citogenético**, se requiere del uso de la colchicina para hacer la duplicación cromosómica; y un ejemplo en calabaza es la cruce de *C. moschata* x *C. palmata*; mientras que para los **Cruzamientos Interspecíficos** se utiliza para

transferir cualidades superiores a los frutos, resistencia a enfermedades y plagas, obtención de variedades que se adapten a climas adversos, etc. (Pérez *et al.*, 1997).

2.8. Mejoramiento genético participativo

En años recientes, se ha trabajado con agricultores de subsistencia tanto en Asia, América Latina y América del Sur; donde se ha estudiado a los “conservadores nativos”, también con agricultores como miembros de equipos interdisciplinarios en el Instituto Internacional de Investigación en Arroz (IRRI) y el Centro Internacional de la Papa (IPC) para documentar y rescatar el uso de las variedades tradicionales (Rhoades y Nazarea, 1999).

Una de las características que identifica los cultivadores de variedades tradicionales es que se encuentran en montañas más remotas, islas, bosques lluviosos o agroecosistemas desérticos las cuales están momentáneamente aisladas de las fuerzas dominantes al lado de la economía mundial. Así, la marginalidad a varios niveles de escala es una clave común que describe la conservación *in situ* de variedades tradicionales; además, de que se cultiva una gran cantidad de cultivos como es el caso del Valle del Cuzco, Perú donde hay agricultores que establecen hasta 50 variedades diferentes de cultivos y también varias especies de papa. Aunado a esto, los agricultores consideran alrededor de 39 criterios en su evaluación de variedades; ello indica que en comunidades que no han sido incorporados totalmente al mercado comercial, aún manejan niveles altos de biodiversidad y para la protección de tales recursos genéticos exige de metas sociales y económicas definidas localmente (Rhoades y Nazarea, 1999).

El término mejoramiento genético participativo en el amplio contexto, es considerado como el mejoramiento descentralizado y controlado por los mejoradores vegetales; y en varios grados, involucrando al agricultor en el proceso de mejoramiento (Hardon, 1996).

En este enfoque las comunidades locales deben ser incluidas en el escenario de prioridades para investigar y los investigadores pueden aprender de las tecnologías, costumbres y restricciones indígenas existentes. Para estos fines, estas medidas son requeridas para garantizar que haya un flujo efectivo de información (Reid y Miller, 1989).

En base a la información y teorías con que se cuentan actualmente, mencionan que el control y manejo de la selección por el agricultor es la forma más práctica y efectiva de manejar recursos genéticos que soportan (sostienen) estabilidad del rendimiento a largo plazo, específicamente adaptados al ambiente local y al sistema local de producción, incluyendo organización social y valores culturales (Cleveland *et al.*, 1994).

Por lo tanto, esto tiene una gran utilidad en la práctica de conservación de especies usadas en la agricultura, debido a que permite la evolución de recursos genéticos de cultivos en sus áreas de origen, pero es importante no olvidar que primero es garantizar la permanencia de algunas cosas como son los hábitos de consumo, prácticas culturales, propiedad y el valor económico que tienen las comunidades (Qualset *et al.*, 1997).

Además, es importante considerar que la gente rural es quien posee el conocimiento a través del uso y observación de recursos en vez de una enseñanza formal, los cuales pueden ser una fuente invaluable de información para el objetivo de la conservación vegetal; por lo que estas personas juegan un papel decisivo en actividades como inventario de especies, planeación, investigación y monitoreo con fines de conservación. Esto implica la urgente necesidad (antes de que mucho de los conocimientos sobre el funcionamiento del ecosistema y usos de especies desaparezca) de un desarrollo del conocimiento formal y basado en campo mediante la investigación participativa (Cunningham, 1994).

2.8.1. Ventajas y desventajas

Maxted *et al.* (1997), mencionan que cualquier metodología presenta sus bondades, pero también aspectos que se podrían considerar como negativas. Para este enfoque de mejoramiento vegetal participativo podemos señalar entre sus **ventajas** a lo siguiente:

1. Presenta una conservación dinámica en relación a cambios del medioambiente, plagas y enfermedades.
2. Permite asegurar la conservación de razas originales (nativas) de los cultivos.
3. Es factible la conservación de formas silvestres y ancestrales.
4. Se trabaja con cultivos que son aceptados por los agricultores y consumidores, que es algo muy importante para fines de iniciar con algún programa de mejoramiento.

Las **desventajas** que se pueden mencionar para esta metodología son:

1. Vulnerable a cambios de prácticas del agricultor.
2. Diferencias en el manejo del cultivo.
3. Requiere mantener los sistemas tradicionales del agricultor.
4. La diversidad sólo se puede mantener con cada agricultor.
5. Fácil confusión en el mejoramiento basado en el agricultor y la selección.
6. El mantenimiento requiere de sistemas tradicionales y posible subsidio al productor.

2.8.2. Problemática para su implementación con productores

Generalmente, en las comunidades rurales se tiene el problema de la desconfianza por parte de la gente hacia otras personas ajenas a la comunidad. Una de las cuestiones más difíciles es convencer a las personas nativas de esos lugares a que trabajen conjuntamente con los investigadores.

Esto es una de las primeras barreras que se deben librar, ya que para que el mejoramiento vegetal participativo sea efectivo, éste debe ser aceptado y practicado localmente. Además, otro de los graves problemas es el establecimiento de un reconocimiento local fuerte y duradero y lograr un apoyo para la conservación de la biodiversidad importante para la comunidad internacional (Qualset *et al.*, 1997).

También se tiene el problema de que existen los “incentivos perversos”, mediante el otorgamiento de créditos solamente para cultivo de modernas variedades, y mientras no desaparezca esta forma de incentivo, será difícil que los agricultores traten de conservar sus variedades nativas (Qualset *et al.*, 1997).

Si consideramos que la conservación puede únicamente ser planeado e implementado óptimamente si se reconoce la gran necesidad de ser conservada en donde está localizada y además se encuentra en forma abundante, lo primordial es trabajar en ese aspecto y convencer a la gente. Para lograr avanzar en esto, probablemente los incentivos económicos podrían ser requeridos para empezar el proceso. Otra forma de incentivar al productor para mantener su patrimonio vegetal es mediante la introducción de técnicas de selección vegetal en su campo que podrían incrementar la productividad o calidad de sus cosechas (Qualset *et al.*, 1997).

2.9. Antecedentes de la asociación maíz-calabaza

Bonciarelli (1978) menciona que el termino “cultivos asociados” indica el cultivo contemporáneo, simultáneo, sobre las mismas parcelas de dos o más especies, dispuestas de modo que todas reciban los mismos cuidados de cultivo (abonado, fertilización, riego, labores, etc.).

Amador y Gliessman (1980) evaluaron la asociación de maíz, frijol y calabaza, sembrando éstos en monocultivo con bajas y altas densidades, seleccionaron los mayores rendimientos de cada especie en monocultivo y establecieron la razón de

superficie equivalente (RASE). La cuál fue 1.73, es decir 0.73 veces fue mayor la producción de la asociación que en monocultivo. Además encontraron que la asociación disminuye los rendimientos tanto en frijol y calabaza, pero que el rendimiento conjunto recupera la reducción.

Por otro lado, Reyes (1976) evaluó distintas especies de calabaza en unicultivo y asociada con maíz. La densidad de plantas por hectárea de calabaza asociada y en monocultivo fue de 3704, la de maíz fue de 60,000 plantas; concluyendo que la floración se inicia unos días antes en unicultivo que bajo asociación, el número y peso de flores y frutos por planta fue mayor en siembra unicultivo que asociada con maíz. Este mismo comportamiento se observó para el número de semillas por fruto, peso de 100 semillas, peso y tamaño por fruto. Esto es atribuible a una mayor luminosidad en unicultivo y que en éste se tiene menor humedad relativa, lo que favorece la producción de flores, además de facilitar la movilidad de los insectos que asegura una buena polinización.

Existen diferentes sistemas agrícolas tradicionales en donde se establece la asociación maíz y calabaza, tal como es el caso de la Península de Yucatán, donde se encuentra el sistema agrícola llamado “Kobenpakal” y consiste en sembrar aproximadamente a un metro entre plantas e hileras en forma de espiral rectangular, de mojonera a mojonera, para terminar en el centro del cuadro. Otras variantes de siembra son el “salto de venado” o “zitt-ceh”, que tiene una distancia aproximada de 1.2 a 1.3 m entre matas y un metro entre hileras; y para seleccionar la semilla de calabaza se separan los frutos más grandes, sanos y de mayor peso. El 70 % de los campesinos toma en

cuenta que la pepita sea sana y pesada, y un 29 % considera a los frutos grandes (SARH, 1984).

Cantú (1988) realizó un estudio donde evaluó tres genotipos de maíz de temporal con diferente porte y ciclo vegetativo, a diferentes distancias entre plantas (90, 75 y 60 cm) bajo el sistema maíz y calabaza, en cuatro localidades del norte de Guerrero. Encontró diferencias estadísticas significativas para rendimiento de semilla seca de calabaza entre genotipos de maíz, pero no así para distancias entre plantas de éste último; además, observó una tendencia cuadrática entre los genotipos, a medida en que las variedades disminuían su porte se incrementaba el rendimiento de calabaza. Así mismo, al aumentar la distancia entre plantas de maíz, se incrementó el rendimiento de semilla seca de calabaza, sin presentar interacción entre los genotipos de maíz y la separación entre plantas, por lo que se obtuvo un efecto aditivo.

Gutierrez (1994), al estudiar el efecto del nitrógeno sobre el rendimiento comercial y calidad biológica de semilla de calabacita en Chapingo, Méx., encontró que a dosis elevadas de éste elemento (360 unidades/ha) se favorece el rendimiento, expresándose mediante un mayor número y peso de frutos por plantas; ocurriendo en forma similar un mayor número de semillas por fruto, pero con un menor peso, al aplicar niveles de nitrógeno de 200 y 280 kg/ha; y de forma contraria, al incorporar niveles de nitrógeno de 120 kg/ha se tiene menor número de semillas por fruto, pero con un mayor peso de semilla por fruto.

Otro de los trabajos al respecto, es el realizado por Ramírez (1994) donde evaluó el efecto del tamaño de fruto y tiempo de almacenamiento en la calidad de semilla de calabacita en Chapingo, Méx., encontró que los frutos más grandes produjeron un mayor número de semillas y más pesadas, así como una mejor calidad y vigor; mientras que el período de almacenamiento a 20 y 40 días, no mostraron diferencias estadísticas, aunque la mejor expresión para todas las variables que se evaluaron se obtuvo cuando se realizó la extracción de semillas a frutos mayores de 18 cm de diámetro, después de haberse almacenado por 40 días.

2.10. Caracteres cuantitativos y cualitativos

Reyes (1985) utiliza el término carácter para indicar algún atributo, cualidad, rasgo, forma, estructura, función, etc., en los órganos o en los tejidos; además, el mismo autor clasifica a los caracteres en adquiridos, cuantitativos y cualitativos y menciona que un carácter adquirido se refiere a las manifestaciones que un individuo o grupo de individuos presentan, como consecuencia de la acción del medio ambiente y que las diferencias de sus progenitores o de los demás individuos de su propia generación.

Por otra parte, Márquez (1985) define a caracter cuantitativo como aquel determinado por muchos genes, cuyo efecto de cada gene individual es pequeño en comparación al efecto total y, además son altamente influenciados por el medio ambiente y como consecuencia de esto, su manifestación fenotípica ofrece una variación continua que generalmente se ajusta a la distribución normal; además, para poder

diferenciar y distinguir es necesario medirlos o contarlos y observarlos cuidadosamente (Reyes, 1985).

Se ha definido a los caracteres cuantitativos como de variación continua porque, dentro de los límites propios de una población, las mediciones practicadas en los individuos pueden dar lugar a un número prácticamente infinito de clases fenotípicas (Molina, 1992). Por lo tanto, la mayoría de los caracteres de importancia económica tales como rendimiento de grano, forraje o fruto, altura de planta o de mazorca, días a floración o madurez fisiológica o comercial, el tamaño o el peso del grano, resistencia a factores adversos, labores agronómicas y la calidad de los productos se agrupan en caracteres cuantitativos (Márquez, 1985; Molina, 1992).

Los caracteres cualitativos hacen referencia a los caracteres que manifiestan, generalmente, una variación discontinua y están determinados por una cualidad o atributo y son relativamente constantes en espacio y tiempo, es decir, son poco afectados por el medio ambiente (Reyes, 1985); además intervienen uno o pocos pares de genes (loci), por ejemplo, fruto rojo o amarillo, planta grande o enana (Pérez *et al.*, 1997).

2.11. Componentes de varianza

Falconer (1986), define a la varianza (σ^2) como una medida de la variabilidad fenotípica y puede ser descompuesta en las varianzas genotípica (σ_G^2), ambiental (σ_E^2) y de interacción genotipo-ambiente (σ_{GE}^2). La genotípica, a su vez, se compone de

varianza aditiva (σ_A^2), de dominancia (σ_D^2) y epistática (σ_{AD}^2). Sin embargo, de todas ellas la de particular importancia es la σ_A^2 , por ser la principal causa del grado de parecido entre parientes y representa la porción heredable de la varianza genética, siendo la determinante principal de las propiedades genéticas observables en una población (heredabilidad y correlación genética aditiva) y de la respuesta a la selección.

La varianza genotípica (σ_G^2) tiene su origen en las diferencias entre genotipos, por lo que mientras mayor sea el número de loci segregantes, mayor será el número de genotipos diferentes en la población; la varianza aditiva (σ_A^2) es debida a las diferencias entre los valores aditivos de los genotipos o lo que es lo mismo, entre los efectos promedios de los genes; mientras que la varianza de dominancia (σ_D^2) se debe a las desviaciones de dominancia o interacciones entre genes de un mismo locus y la varianza epistática (σ_{AD}^2) debe su origen a las desviaciones del esquema aditivo de los efectos de los loci o lo que es igual, a las interacciones entre genes de loci diferentes (Molina, 1992).

Cuando se trabaja con caracteres controlados por genes no ligados, con pequeños efectos aditivos, es fácil determinar los componentes de varianza. Es necesario tomar en cuenta que pueden existir efectos de dominancia, interacción no alélica o epistática y efectos de ligamiento, que contribuyen en la variabilidad fenotípica total y esos son los principales componentes de varianza (Guzmán, 1996).

Los diseños de apareamiento de Carolina del Norte han sido frecuentemente utilizados para la estimación de componentes de varianza genéticas. Estas estimaciones, a su vez, son necesarias para estimar la heredabilidad e inclusive la respuesta que se esperaría para cada una de diversas metodologías de selección (Márquez y Sahagún, 1994; Sahagún, 1995a).

Hallauer y Miranda (1981) citados por Peña (1998), indican que la estimación de los componentes de varianza genética se basa en el análisis de varianza y las esperanzas de los cuadrados medios propios del modelo de cada diseño, suponiéndose que tanto éste como la muestra del material bajo estudio son aleatorios. Searle (1971) señala que los estimadores obtenidos de esta forma son insesgados y de mínima varianza y no se necesita el supuesto de normalidad. Ahora no obstante que por definición los componentes de varianza son positivos, algunas estimaciones obtenidas del análisis de varianza pueden ser negativas y considerarlas como cero equivale a eliminar el término correspondiente del modelo.

Guzmán (1996) menciona que es difícil separar los efectos epistáticos de los de dominancia, y por eso a estas dos fuentes de variabilidad se les agrupa con la denominación de componente no aditivo de varianza. Los efectos promedios de los genes constituyen la base del componente aditivo de varianza; los efectos del medio sobre el genotipo se expresan como valores de varianza ambiental o varianza no genética, la cual incluye un componente intangible constituido por ciertas interacciones de los componentes genéticos y ambientales y un residuo estadístico conocido como error.

De la Cruz y Sahagún (1998) al aplicar los métodos de regresión de la media de la progenie sobre el progenitor materno y covarianzas en familias de medios hermanos para conocer los componentes de varianza genética y heredabilidad en ocho caracteres de interés agronómico en poblaciones de aguacate, encontraron que el método de covarianzas produjo en general menores estimaciones de la varianza aditiva que el método de regresión. Además, respecto a la varianza de dominancia este método proporcionó menores estimadores en uno de los ocho caracteres estudiados.

La variación de origen ambiental que se produce entre las plantas de una misma parcela es de importancia teórica y aplicada en el mejoramiento genético de los cultivos, además, la varianza ambiental intraparcelar (σ_{WE}^2) es un componente de varianza importante para determinar la heredabilidad y respuesta esperada a la selección cuando se aplican esquemas de mejoramiento genético basados en valores fenotípicos individuales, como son en selección masal y diversos esquemas de selección combinada (Sahagún, 1995b).

Algunos autores como Márquez (1985) y Fehr (1987), coinciden en señalar que la varianza ambiental intraparcelar (σ_{WE}^2) es una pieza de información que además de constituir una medida de la magnitud de la variación ambiental, no deseada, en el interior de la parcela (de naturaleza similar a la del error experimental), puede ser utilizada en las fórmulas de predicción de parte de la respuesta a la selección combinada debida a la selección de individuos dentro de familias seleccionadas.

Guzmán (1996) señala que los componentes de varianza ambiental pueden ser estimados con mayor facilidad si se ejecutan estudios en poblaciones o individuos que no tienen varianza genética. Entre las formas que se han sugerido para estimar la varianza ambiental intraparcelar (σ_{WE}^2) se encuentra el uso de información producida al evaluar varios individuos de un mismo genotipo (una línea pura o un híbrido formado por dos líneas puras, por ejemplo) desarrollados en una misma unidad experimental; la varianza calculada para estos individuos es un estimador de la varianza ambiental intraparcelar (σ_{WE}^2); debido a que en estos individuos la varianza genética (σ_G^2) es igual a cero, y el valor de la varianza ambiental es igual al valor de la varianza fenotípica (σ_F^2) (Falconer, 1986).

De acuerdo con Sahagún (1995b), cuando la unidad básica de información es la planta individual, es muy deseable que σ_{WE}^2 , un indicador de la calidad de la técnica experimental utilizada en la investigación en cuestión, se mantenga lo más bajo posible; ya que, desde el punto de vista teórico y práctico, la magnitud de la varianza ambiental intraparcelar (σ_{WE}^2) guarda una relación inversa con la heredabilidad y, en consecuencia, con la respuesta a la selección.

Esta relación es particularmente notable cuando se practica selección de plantas dentro de una parcela (como es el caso de la selección dentro de familias en las diversas estrategias de selección combinada) o dentro de un sublote (como es el caso de la selección masal estratificada); en estos casos, usualmente interesa que haya una correlación máxima entre valor genotípico y valor fenotípico, misma que se obtiene en

el caso, ideal, en que la variación ambiental intraparcelar (σ_{WE}^2) es completamente nula (Sahagún, 1996).

Sin embargo, Adams y Shank (1959) mencionaron que el procedimiento de estimar σ_{WE}^2 con base en plantas genéticamente homogéneas presenta al menos dos desventajas: en primer lugar, demanda de parcelas experimentales adicionales cuando el material genético de interés no es homogéneo y, segundo, la variación ambiental reflejada por el genotipo homogéneo no necesariamente es la que reflejaría el material genético en estudio.

Otro de los términos importantes en el contexto de la selección, es la heredabilidad; la cual a primera vista parece significar el grado en que los progenitores transmiten sus características a sus hijos (Sahagún, 1998) o también el grado del parecido entre una generación y la siguiente (Guzmán, 1996). Aunque, bajo el enfoque del mejoramiento genético, es más bien utilizado para caracterizar el parecido entre individuos en términos de una característica dada y para analizar las causas genéticas y ambientales de este parecido (Jacquard, 1983; citado por Sahagún, 1998).

Existen otras definiciones como la de Reyes (1985), en la que indica que el término heredabilidad ha sido usado para indicar el grado en que el fenotipo refleja al genotipo para un carácter en una población de plantas; pero lo más importante es la porción de la variación fenotípica observada de la planta que es reflejada en la

descendencia, además Nyquist (1991) señala que es una medida de la importancia relativa de la variación heredable respecto a la variación fenotípica.

La heredabilidad en sentido amplio (H) es el cociente de la varianza genotípica (σ_G^2) y la fenotípica (σ_F^2) (Reyes, 1985; Nyquist, 1991). En relación al cociente de la $H = \sigma_G^2 / \sigma_F^2$ resulta lógico decir que expresa el grado en el cuál los fenotipos de los individuos están determinados por sus genotipos (Lush, 1948; citado por Sahagún, 1998). Sin embargo, ello no implica necesariamente el concepto de transmisión de caracteres; más bien es la proporción de la σ_F^2 explicada por factores genéticos (Sahagún, 1998).

La heredabilidad en sentido estricto (h^2), se define como el cociente de la varianza aditiva (σ_A^2) y la fenotípica (σ_F^2) (Reyes, 1985; Nyquist, 1991; Pérez *et al.*, 1997); siendo éste un estimador comúnmente sesgado por contener en el numerador la varianza epistática aditiva por aditiva. La heredabilidad es una propiedad de cada carácter y población, y la utilidad de su estimación radica en el sentido de predecir la respuesta a la selección (Nyquist, 1991).

2.12. Flujo de genes

Kirkpatrick y Wilson (1988), al estudiar el flujo de genes interespecífico en *Cucurbita*: *C. texana* vs *C. pepo*; encontraron que los patrones de floración y el movimiento del polinizador tendió a maximizar la autopolinización e intercambio local de genes, además, el movimiento de polen efectivo excedió los 1300 m. Este

movimiento, intermediado por la abeja *Xenoglossa strenua* y monitoreado por variantes "allozyme" de localización, produjeron híbridos interespecíficos en el 5% de la progenie de las plantas experimentales. El intercambio de genes interespecífico ocurrió en cualquier dirección, con una u otra especie sirviendo como progenitor estaminado o pistilado. Las múltiples visitas para las flores estaminadas o pistiladas (polinización múltiple) frecuentemente resultó en una deposición de polen mezclado sobre estigmas receptivos. La ausencia observada de aislamiento reproductivo interespecífico manteniendo el tratamiento de cultivares y tipos silvestres como única especie y, en conjunción con datos disponibles concerniente a las relaciones temporal/geográfico entre abejas, calabazas y el hombre en el oeste de América del Norte, sugiere la posibilidad de interacción genética a largo plazo entre tipos silvestres y domesticados.

Otro estudio llevado a cabo por Bemis y Nelson (1963), donde estudiaron 10 especies de *Cucurbita* con referencia a la compatibilidad de cruzas interespecíficas basados en el criterio de frutos cuajados, semilla y desarrollo del embrión; encontraron, que 43 cruzas interespecíficas fueron exitosas para frutos cuajados y únicamente 23 de las cruzas interespecíficas fueron satisfactorios en la primera generación de producción de plantas híbridas. La compatibilidad interespecífica no fue al azar entre las especies, pero los grupos específicos de especies tendió a ser compatible para las cruzas recíprocas.

Decker-Walters *et al.* (1990), al estudiar la genealogía, flujo de genes interespecífico y la diversidad alélica de 23 cultivares comerciales y 17 variedades tradicionales indígenas de *C. maxima*, *C. mixta*, *C. moschata* y *C. pepo*; encontraron

mayor diversidad alélica en *C. pepo* (especialmente en *spp. ovifera*) y *C. moschata*, reflejando historias complejas para estos taxas. *C. maxima* y *C. mixta* fueron relativamente homogéneos a pesar de tener heterogeneidad morfológica. Las clasificaciones infraespecíficas basados sobre caracteres morfológicos no fueron confirmados por los datos mediante “allozyme” para *C. maxima*, *C. mixta* y *C. moschata*. Las “allozymes” apoyaron la evidencia morfológica de introgesión desde *C. mixta* en cultivares orientales y variedades tradicionales del noroeste de México y suroeste de Estados Unidos de *C. mixta*. Los análisis filogenéticos indicaron que *C. moschata* y *C. mixta* son probablemente especies hermanas y que *C. pepo* comparte un ancestro común con estas especies, cuyo ancestro no es compartido con *C. maxima*.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características del sitio de evaluación

3.1.1. Localización

El trabajo de investigación se realizó en el Lote SM-7 perteneciente al Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo ubicado en el km. 38.5 de la carretera México-Texcoco. Geográficamente se encuentra en los 19° 29' de latitud Norte y 98° 53' de longitud Oeste, a una altura aproximada de 2250 sobre el nivel del mar.

3.1.2. Clima

García (1988) clasifica al clima predominante de la región como un C(CW_o)(W)(i')g. Esto indica que es un templado subhúmedo, presentando un porcentaje de precipitación invernal con respecto a la total anual menor de 5%; además de tener poca oscilación térmica y marcha diaria de la temperatura tipo Ganges. Las temperaturas medias anuales muestran una variación de 6°C, registrándose en el mes de enero la temperatura más baja con 11.8°C y 17.9°C la más alta en el mes de julio. La precipitación media anual de la zona es de 636.5 mm, con una época de lluvias

abundantes (temporal) durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre. Las condiciones climáticas de temperatura y humedad que prevalecieron durante los dos años de evaluación del experimento se muestran en la Figura 1A y 2A.

3.1.3. Suelo

Los suelos de la región pertenecen a la Serie Chapingo, caracterizados por ser profundos, con un estrato superficial y tener texturas medias de colores pardos. A mayores profundidades, el contenido de arcilla aumenta, así como el desarrollo de la estructura. Presentan una alta capacidad de retención de humedad, y un pH que varía desde muy ligeramente ácido hasta muy ligeramente alcalino y con un contenido medio de materia orgánica (Cachón *et al.*, 1976).

3.2. Material vegetal

Estuvo integrado por una población base de 120 familias de medios hermanos maternos, sobresalientes por su calidad de fruto (color externo, sabor y color de pulpa) y semilla (abundante y grande). Dichas familias se derivaron de colectas criollas de frutos realizadas en las regiones de Chalco-Amecameca, Estado de México y Sierra Norte de Puebla, lugares donde existe una gran diversidad genética de *Cucurbita pepo* L. El criterio de colecta fue: tres agricultores por pueblo y tres frutos por agricultor. A la población así formada se le denominó población intercolectas y cada fruto constituyó una familia de medios hermanos maternos, dado que únicamente es posible conocer al progenitor femenino (flor femenina).

Además de estas familias, también se utilizó un híbrido de calabacita tipo Grey Zucchini conocido con el nombre comercial “Tala” de la compañía Asgrow. Otro material que se utilizó fue un híbrido de maíz para Valles Altos producida por PRONASE (H-135).

3.3. Establecimiento en campo

Los experimentos fueron establecidos el 5 de abril y 28 de marzo en Chapingo (Campo Agrícola Experimental), durante el ciclo P-V de 1997 y 1998, respectivamente, en condiciones de riego. Se estableció una familia (fruto) por surco de 24 m de largo con una distancia entre surcos de 1.8 m y cada familia estuvo constituida por 17 matas de 3 plantas separadas a 1.5 m. Se depositó 5 semillas por mata para asegurar 3 plantas por mata. Los surcos de maíz se establecieron también de 24 m de largo y 1.8 m entre surcos y con separación de 20 cm entre plantas intercaladas para simular el sistema milpa y se depositó 3 semillas por mata; debido a que el surcado se realizó a 0.9 m y el sistema utilizado es asociación maíz y calabaza intercalando un surco de maíz y otro de calabaza, la distancia entre surcos de una misma especie se incrementó a 1.8 m. La cosecha se realizó aproximadamente a los 5 meses después de la siembra.

Los surcos de ‘Zucchini Tala’ se distribuyeron cada 12 familias de calabaza de tal forma que permitiera hacer un muestreo del efecto ambiental de toda la parcela. La distancia entre matas fue de 40 cm aproximadamente, se depositó 5 semillas para asegurar 3 plantas por mata.

3.4. Variables estudiadas

Días a floración masculina y femenina. Este caracter se registró cuando al menos el 50% de las plantas en cada familia presentaron floración. Para esta variable únicamente se realizó una toma de datos, por lo que no fue posible analizarlo estadísticamente, ya que únicamente se tuvo un dato por familia. Sin embargo, con base en este sólo dato por familia se estimó su precocidad.

Frutos por planta (FP). Se cuantificó la cantidad de frutos que presentó cada una de las 51 plantas por familia.

Peso de fruto individual (PF). El peso de fruto se determinó con ayuda de una báscula tipo reloj y se expreso en kg.

Color externo de fruto (CEF). Los colores que se observó fueron: verde oscuro, verde gris, gris, verde amarillo, amarillo y blanco. Para poder analizarlos estadísticamente se transformaron asignandoles los valores 1, 2, 3, 4, 5 y 6, respectivamente. Además se determinó el promedio ponderado por familia y este valor fue el que se analizó estadísticamente.

Textura externa de fruto (TEF). Su evaluación fue en forma visual con la escala siguiente: muy costilluda, costilluda, tenue y lisa. A estas categorías se les asignó valores de 1, 2, 3 y 4, respectivamente, para poder analizarlos estadísticamente. Para cada familia se determinó su promedio ponderado.

Las variables FP, PF, CEF y TEF se evaluaron en cada una de las 51 plantas que constituyeron cada familia. Las variables que se describen a continuación se midieron en solo una muestra de 5 frutos por familia.

Altura de fruto (ALF). Para esta variable se midió la longitud de la base a la parte apical, expresando los datos en centímetros. Esta variable se evaluó en el segundo ciclo de selección.

Anchura de fruto (ANF). Para su determinación, primero se partió el fruto en su parte ecuatorial y una vez realizado esto se midió el ancho del fruto con una cinta métrica y los datos se expresaron en cm. Esta medición es mas bien el diámetro del fruto y se midió en el segundo año.

Grosor de pulpa (GP). Esta medición se realizó con una regla milimétrica de 30 cm. Si el grosor era variable se realizaban varias mediciones y se obtenía su promedio.

Color de pulpa (CP). Para determinar esta variable, se asignó valores a los colores considerados, en la siguiente forma: 1: anaranjado intenso, 2: anaranjado, 3: amarillo intenso, 4: amarillo, 5: amarillo claro y 6: blanco. Esto se hizo también para poder analizarlos estadísticamente.

Sabor de pulpa (SP). Para su registro y análisis se asignó valores escalares en la forma siguiente: 1: muy dulce, 2: dulce y 3: insípido.

Peso de semilla por fruto (PS). Esta determinación se realizó en fresco con una báscula granataria y los datos se expresaron en gramos de semilla por fruto.

Alto (ALS) y ancho de semilla (ANS). Los valores que se obtuvo por fruto, son el promedio del alto y ancho de 10 semillas. Estos promedios fueron analizados estadísticamente. Estas dos variables se determinaron únicamente en el segundo año de evaluación.

Censo de caracteres. Además, en ambos ciclos de selección también se realizó un censo de caracteres como número de plantas arbustivas, tallo verde oscuro, hojas moteadas, zarcillos ahojados, fruto tierno de color amarillo, banda verde de corola, color de corola y esterilidad masculina. Esto fue para todas las familias evaluadas.

3.5. Selección combinada

Dentro de este sistema se realizó selección interfamiliar (entre familias) e intrafamiliar (dentro de familias). En el primer caso, la unidad de selección fue la media familiar. En la selección intrafamiliar se seleccionó a los mejores individuos de cada familia seleccionada.

Nótese que el lote de evaluación funcionó simultáneamente como lote de selección. La presión de selección entre familias (bE) fue del 33%, lo que da $120 \times (1/3) = 40$ familias que deban seleccionarse; mientras que dentro de las familias (bW) fue del 6.6% ($40 \times 0.066 = 3$). Dando como resultado que los tres mejores frutos de las 40

familias seleccionadas, restituyen las 120 familias que se necesitan para continuar con el proceso de selección. Estas presiones de selección fueron las utilizadas en los dos ciclos de selección. Respecto a las poblaciones de maíz y el híbrido Zucchini Tala que no fueron consideradas en el proceso de selección, la semilla sembrada en el segundo año tuvo que comprarse nuevamente.

Para las variables FP, PF, CEF y TEF las mediciones se hicieron en todas las plantas de cada familia, pero una vez hecho esto, se hizo una preselección de frutos en el campo por familia, colocándolos en una arpilla y llevados a la bodega para que los frutos continuaran suministrando carbohidratos a las semillas y éstas llenaran completamente y posteriormente tomar los datos de las otras variables.

3.6. Diseño experimental

El diseño en campo fue un bloques completamente al azar con 100 tratamientos (familias), 17 repeticiones (matas), y 3 plantas por repetición para el primer ciclo de selección como unidad experimental; mientras que en el segundo ciclo sólo varió la cantidad de tratamientos (120).

Sin embargo, para los análisis estadísticos se utilizó tres modelos: el modelo UNO (bloques completamente al azar) para los caracteres NF, PF, CEF y TEF; el modelo DOS (completamente al azar) para el resto de los caracteres; y finalmente el modelo TRES que se utilizó para el análisis de 'Zucchini Tala'. Los dos primeros modelos resultan de la forma en que se tomó los datos; en el primer caso, las mediciones

fueron para las 51 plantas y en el segundo se tomó una muestra al azar de 5 frutos únicamente por familia y esto hizo que fuera un modelo distinto que el establecido inicialmente.

3.7. Componentes de varianza

Para la estimación de los componentes de varianza genética se utilizó la estructura de familias de medios hermanos maternos, siguiendo la metodología propuesta por Márquez y Sahagún (1994). Por medio de este método se determinó la varianza genética aditiva (σ_A^2) y también la varianza genética de dominancia (σ_D^2) con ayuda del material genéticamente uniforme 'Zucchini Tala' que al establecerse y evaluarse permitió estimar la varianza ambiental dentro de parcelas y así poder estimar la varianza genética dentro de familias, que correspondería a $(3/4)\sigma_A^2 + \sigma_D^2$ y de esta manera la varianza aditiva se estimó a partir de la relación que tienen σ_A^2 y σ_F^2 (varianza entre familias), lo que produce que el estimador de la varianza aditiva sea $\hat{\sigma}_A^2 = 4 \hat{\sigma}_F^2$ (Márquez y Sahagún, 1994).

El modelo aleatorio UNO utilizado para la evaluación de f familias (F), r bloques (B) y p plantas en cada bloque por familia (P) para datos por planta es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + B_j + (FB)_{ij} + P_{(ij)k}$$

donde: Y_{ijk} es el valor observado en la k -ésima planta dentro del j -ésimo bloque de la i -ésima familia, μ es la media, F_i el efecto de la i -ésima familia, B_j el del j -ésimo bloque,

$(FB)_{ij}$ el efecto de interacción entre el j -ésimo bloque y la i -ésima familia y $P_{(ij)k}$ el efecto de la k -ésima planta dentro del j -ésimo bloque dentro de la i -ésima familia. La forma de análisis de varianza para este modelo se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Análisis de varianza para f familias (F), r bloques (B) y p plantas por bloque por familia (P). Modelo UNO.

FV	GL	CM	E(CM)
Bloque (B)	$r-1$		
Familia (F)	$f-1$	M_1	$\sigma_p^2 + p\sigma_{rf}^2 + pr\sigma_f^2$
B x F	$(r-1)(f-1)$	M_2	$\sigma_p^2 + p\sigma_{rf}^2$
Planta/(BxF)	$(p-1)rf$	M_3	σ_p^2
Total	$frp-1$		

FV: fuente de variación, **GL:** grados de libertad, **CM:** cuadrados medios, **E(CM):** esperanzas de cuadrados medios con todos los factores aleatorios y **M:F** significa anidamiento del primero en el segundo término.

El modelo aleatorio DOS que representa la evaluación de f familias (F) y n frutos (R) para datos por frutos es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + F_i + R_{(i)j}$$

donde: Y_{ij} es el valor observado del j -ésimo fruto de la i -ésima familia, μ es la media, F_i el efecto de la i -ésima familia y $R_{(i)j}$ el efecto del j -ésimo fruto de la i -ésima familia. El análisis de varianza para este modelo se describe en el Cuadro 3.

El modelo aleatorio TRES para 'Zucchini Tala' que representa la evaluación de s surcos (S), r bloques (B) y p plantas por bloque por surco (P) para datos por planta es:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + B_j + (SB)_{ij} + P_{(ij)k}$$

donde: Y_{ijk} es el valor observado en la k -ésima planta en el j -ésimo bloque de la i -ésima familia, μ es la media, S_i el efecto del i -ésimo surco, B_j el efecto del j -ésimo bloque, $(SB)_{ij}$ el efecto de interacción entre la i -ésima familia y el j -ésimo bloque y $P_{(ij)k}$ el efecto de la k -ésima planta dentro del j -ésimo bloque del i -ésimo surco. La forma de análisis de varianza se describe en el Cuadro 4.

Cuadro 3. Análisis de varianzas para f familias (F) y n frutos por familia (R).

Modelo DOS.

FV	GL	CM	E(CM)
Familia (F)	f-1	M_1	$\sigma_n^2 + n\sigma_f^2$
Fruto(R)/F	(n-1)f	M_2	σ_n^2
Total	fn-1		

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

Cuadro 4. Análisis de varianzas para s surcos (S), r bloques (B) y p plantas por bloque por surco (P). Modelo TRES.

FV	GL	CM	E(CM)
Bloque (B)	r-1		
Surco (S)	s-1	M_1	$\sigma_{we}^2 + p\sigma_{rs}^2 + pr\sigma_s^2$
B x S	(r-1)(s-1)	M_2	$\sigma_{we}^2 + p\sigma_{rs}^2$
Planta/(BxS)	(p-1)rs	M_3^*	σ_{we}^2
Total	prs-1		

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

Las estimaciones se realizaron suponiendo herencia diploide, dos alelos por locus, equilibrio Hardy-Weimberg de la población, equilibrio de ligamiento y ausencia de epistasis. De esta forma, con base en la información de los Cuadros 2, 3 y 4, los parámetros genéticos estimados fueron:

a) varianza aditiva

$$\hat{\sigma}_A^2 = 4 \left[(M_1 - M_2) / pr \right] \text{ (Modelo UNO) y } \hat{\sigma}_A^2 = 4 \left[(M_1 - M_2) / n \right] \text{ (Modelo DOS)}$$

b) varianza de dominancia

$$\hat{\sigma}_D^2 = (M_3 - M_3 * -3 \left[(M_1 - M_2) / pr \right]) \text{ (Modelos UNO y TRES) y}$$

$$\hat{\sigma}_D^2 = (M_2 - M_3 * -3 \left[(M_1 - M_2) / n \right]) \text{ (Modelos DOS y TRES)}$$

c) varianza ambiental intraparcelar

$$\hat{\sigma}_{we}^2 = M_3 * \text{ (Modelo TRES).}$$

d) coeficiente de variación genética aditiva

$$CV_A = \sigma_A / \bar{X}$$

donde; σ_A es la desviación estándar aditiva y $\bar{X}$ es la media del caracter.

e) **heredabilidad en sentido estricto.** Se determino con base en la fórmula propuesta por Nyquist (1991), quien señala que es el cociente de la varianza de familias y la varianza fenotípica entre familias; y es de la siguiente manera:

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

$$\hat{h}^2 = \frac{\hat{\sigma}_f^2}{\hat{\sigma}_{PB}^2} = \left[\frac{(M_1 - M_2)}{n} \right] / \left[\frac{M_1}{n} \right] \text{ (Modelo DOS).}$$

Además, también se determinó la varianza fenotípica:

a) **dentro de familias**

$$\hat{\sigma}_{PW}^2 = M_3 \text{ (Modelo UNO) y } \hat{\sigma}_{PW}^2 = M_2 \text{ (Modelo DOS)}$$

b) **entre familias**

$$\hat{\sigma}_{PB}^2 = M_1 / pr \text{ (Modelo UNO) y } \hat{\sigma}_{PB}^2 = M_1 / n \text{ (Modelo DOS)}$$

c) entre individuos

$$\hat{\sigma}_o^2 = \hat{\sigma}_f^2 + \hat{\sigma}_{PB}^2 + \hat{\sigma}_{PW}^2 + \hat{\sigma}_{fr}^2 \text{ (Modelo UNO) y}$$

$$\hat{\sigma}_o^2 = \hat{\sigma}_f^2 + \hat{\sigma}_{PB}^2 + \hat{\sigma}_{PW}^2 \text{ (Modelo DOS)}$$

Las respuestas absolutas (RA) esperadas para selección combinada de medios hermanos maternos se estimaron con la fórmula:

$$R_{SCMH} = \left[i_b \left(\frac{\hat{\sigma}_A^2}{8} \right) \right] / \hat{\sigma}_{PB} + \left[i_w \left(\frac{3\hat{\sigma}_A^2}{8} \right) \right] / \hat{\sigma}_{PW} . \text{ Las intensidades de selección para}$$

familias como unidades de selección, $i_b=1.10485$, correspondiente a una presión de selección (P_B) de 33%; individuos dentro de familias, $i_w=1.9615$, con $P_w= 6.6\%$; de acuerdo con la escala que presenta Molina (1992). Las respuestas relativas se calcularon como porcentaje de RA respecto a la media de la población de familias (Pérez *et al.*, 1997; Nyquist, 1991). La ganancia estimada por ciclo de selección se determinó con base en regresión lineal simple de las medias de cada variable sobre los ciclos de selección y de esta manera se obtuvo la ecuación de predicción de la ganancia por ciclo de selección (Guzmán, 1993).

3.8. Tamaño óptimo de muestra

Con la finalidad de tener idea de qué tan fielmente se está evaluando la variabilidad de la población, se determinó los tamaños óptimos de muestra con la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{Z_{x_2}^2 S_n^2}{d^2}$$

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

3.9. Ajuste de rendimiento por familia

A los datos de rendimiento por familia, se les realizó un ajuste mediante la fórmula de Molina (1990); donde el lote de selección familiar combinada se subdividió en 24 sublotos de 5 surcos (familias) de 24 m. La fórmula es:

$$\hat{Y}_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..}$$

donde; $i = 1, \dots, 120$ (familias), $j = 1, \dots, 24$ (sublotos), $\hat{Y}_{ij}$: Rendimiento ajustado de la familia “ i ” en el sublote “ j ”, Y_{ij} : Rendimiento observado de la familia “ i ” en el sublote “ j ”, $\bar{Y}_{.j}$: Media del rendimiento de todas las familias en el sublote “ j ” y $\bar{Y}_{..}$: Media general del rendimiento de familias en el lote de selección.

3.10. Variación genética en caracteres cualitativos

La medición de la variación genética existente en la población de familias de medios hermanos maternos para caracteres de herencia simple se realizó a través de técnicas de genética de poblaciones basado en censos de las diferentes frecuencias fenotípicas de los correspondientes caracteres; para ello, primero se determinó los caracteres a evaluarse, considerando que sean los apropiados de *C. pepo* en base a la lista de genes para *Cucurbita* spp que presentan Hutton y Robinson (1992; 1994), además también se determinó si los genes de dichos caracteres son dominantes o recesivos. Cuando el gen resultó ser recesivo, la fórmula es:

$$q^2 = Fi/N$$

donde: Fi es la frecuencia observada y N el total de individuos censados de la población.

A partir de este término se procedió de la siguiente manera:

$$q^2 = \sqrt{q^2} = q \text{ y}$$

$$p + q = 1, \text{ entonces}$$

$$p = 1 - q$$

teniendo estos valores y suponiendo que la población está en equilibrio Hardy-Weimbergh, se determinó la frecuencia del heterocigote ($2pq$). El valor promedio del heterocigote se determinó mediante la fórmula:

$$H_n = \left(\frac{2pq}{p^2 + 2pq + q^2} \right) \times 100$$

Como último paso, se expresó la variación genética como la heterocigosis promedio ($\overline{H}$) de la fracción de individuos heterocigóticos, de acuerdo con la fórmula propuesta por Weaver y Hedrick (1992):

$$\overline{H} = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n}$$

donde; ($\overline{H}$) es la heterocigosis promedio; H_n es el promedio del heterocigote en el n -ésimo carácter y n es el número de caracteres involucrados.

Cuando el carácter resultó ser dominante, le corresponde el término p^2 ; y de forma análoga se determinó sus valores correspondientes.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANAVA para los caracteres evaluados

En los análisis de varianza (ANAVA) correspondientes al primer ciclo de selección se encontró diferencias estadísticas altamente significativas ($\alpha=0.01$) entre familias para los caracteres frutos por planta (FP), peso de fruto (PF), grosor de pulpa (GP), color de pulpa (CP) y peso de semilla por fruto (PS); además, hubo significancia estadística ($\alpha=0.05$) en sabor de pulpa (SP) y no existieron diferencias estadísticas para los caracteres color externo de fruto (CEF) y textura externa de fruto (TEF) (Cuadros 5 y 6).

Se puede apreciar que en la fuente de variación debido a bloques, los caracteres frutos por planta (FP), peso de fruto (PF), color externo de fruto (CEF) y textura externa de fruto (TEF) los cuadrados medios fueron altamente significativos ($\alpha=0.01$); y de manera similar para la interacción entre bloques y familias (Cuadro 5).

En el segundo ciclo de selección, se observó diferencias estadísticas altamente significativas ($\alpha=0.01$) para las familias evaluadas en nueve caracteres estudiados (Cuadros 7 y 8). También hubo diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) en bloques

correspondiente a las variables peso de fruto (PF), color externo de fruto (CEF) y textura externa de fruto (TEF) y no se encontró diferencias para frutos por planta (Cuadro 7). Esta fuente de variación no se presenta para los restantes caracteres estudiados debido al modelo utilizado en esos casos, es decir fueron analizados bajo modelos diferentes. Para la interacción entre bloques y familias, se encontró diferencias altamente significativas en frutos por planta (FP) y peso de fruto (PF) y no hubo diferencias estadísticas en color (CEF) y textura externa de fruto (TEF).

Cuadro 5. Cuadrados medios (primera hilera) y componentes de varianza estimados (segunda hilera) de cuatro caracteres de una población de calabaza *Cucurbita pepo* L. Chapingo, Méx., 1997.

FV	GL	Caracter			
		FP	PF (kg)	CEF	TEF
Bloque (B)	16	0.21**	14.69**	1.77**	0.97**
		0.00028	0.04062	0.00233	0.00153
Familia (F)	99	0.37**	21.01**	23.3ns	9.37ns
		0.00489	0.36289	0.4359	0.17361
B x F	1584	0.12**	2.51**	1.075**	0.5165**
		0.01887	0.45368	0.24494	0.12146
Planta/(BxF)	3400	0.06353	1.14609	0.3402	0.15216
		0.06353	1.14609	0.3402	0.15216
Total	5099	0.09	1.99	1.02	0.45
C.V.		23.3	36.7	36.9	15.93
Media		1.08	2.92	1.58	2.45

*: Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), **: diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) y ns: no significativo. FV: Fuente de variación, C.V.: Coeficiente de variación, GL: Grados de libertad, FP: Frutos por planta, PF: Peso de fruto (kg), CEF: Color externo de fruto y TEF: Textura externa de fruto. Escalas: Color externo de fruto; 1: Verde oscuro, 2: Verde gris, 3: Gris, 4: Verde amarillo, 5: Amarillo y 6: Blanco. Textura externa de fruto; 1: Muy costillada, 2: Costillada, 3: Tenue, y 4: Lisa.

Cuadro 6. Cuadrados medios (primera hilera) y componentes de varianza estimados (segunda hilera) de cuatro caracteres de una población de calabaza *Cucurbita pepo* L. Chapingo, Méx., 1997.

FV	GL	Caracter			
		GP (cm)	CP	SP	PS (g)
Familia (F)	99	0.42**	3.16**	0.36*	8944.95**
		0.0505	0.29	0.021	1555.8
Fruto/F	400	0.17	1.71	0.26	1165.95
		0.1668	1.707	0.26	1165.95
Total	499	0.22	1.99	0.28	2709.28
C.V.		21.57	31.90	19.15	35.05
Media		1.89	4.10	2.66	97.42

*: Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), **: diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) y ns: no significativo. FV : Fuente de variación, C.V. : Coeficiente de variación, GL : Grados de libertad, GP: Grosor de pulpa (cm), CP: Color de pulpa, SP: Sabor de pulpa y PS: Peso de semilla por fruto (g). Escalas: Sabor de pulpa; 1: Muy dulce, 2: Dulce y 3: Insípido. Color de pulpa; 1: Muy anaranjado, 2: Anaranjado, 3: Amarillo intenso, 4: Amarillo, 5: Amarillo claro y 6: Blanco

La importancia de tener significancia entre familias indica que existe varianza del tipo aditivo para los caracteres estudiados y la ausencia de diferencia estadística encontrada indica que los caracteres son muy estables, es decir, varían de acuerdo con los cambios en el ambiente (Peña, 1998). Sin embargo, Kasrawi (1994), en nueve genotipos (tres híbridos, sus cruza reciprocas y las tres líneas progenitoras) no encontró diferencias significativas para número de flores estaminadas y pistiladas por planta en dos años de evaluación, sugiriendo la usencia de diversidad genética para floración y expresión del sexo entre las tres líneas progenitoras y los cultivares híbridos evaluados. Además, encontró que el rendimiento y número de frutos por planta fueron significativos y altamente significativos entre genotipos al evaluarse en otoño de 1992 y

verano de 1993, respectivamente; indicando que existe diversidad genética en la capacidad de las líneas progenitoras y los híbridos para cuajar frutos.

Cuadro 7. Cuadrados medios (primera hilera) y componentes de varianza estimados (segunda hilera) de cuatro caracteres de una población de calabaza *Cucurbita pepo* L. Chapingo, Méx., 1998.

FV	GL	Caracter			
		FP	PF (kg)	CEF	TEF
Bloque (B)	16	0.027ns	2.001**	1.569**	2.72**
		-0.000048	0.00192	0.00039	0.00438
Familia (F)	119	0.187**	11.78ns	14.88ns	9.4ns
		0.00279	0.20539	0.2583	0.16187
BxF		0.04463**	1.30867**	1.71ns	1.1466ns
		0.0058	0.2848	0.4888	0.31397
Planta/(BxF)		0.02712	0.45427	0.24428	0.20474
		0.02712	0.45427	0.24428	0.20474
Total	6119	0.036	0.94	0.99	0.683
C.V.		15.9	31.19	30.82	18.98
Media		1.04	2.16	1.6	2.38

*: Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), **: diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) y ns: no significativo. FV: Fuente de variación, C.V.: Coeficiente de variación, GL: Grados de libertad, FP: Frutos por planta, PF: Peso de fruto (kg); CEF: Color externo de fruto y TEF: Textura externa de fruto. Escalas: Color externo de fruto; 1: Verde oscuro, 2: Verde gris, 3: Gris, 4: Verde amarillo, 5: Amarillo y 6: Blanco. Textura externa de fruto; 1: Muy costillada, 2: Costillada, 3: Tenue, y 4: Lisa.

Aunque reviste gran interés señalar que esta ausencia de significancia en las variables color externo de fruto (CEF) y textura externa de fruto (TEF), ocurrió en ambos ciclos de selección; sin embargo, para el resto de los caracteres estudiados sí se encontró diferencias estadísticas. Esto es debido probablemente a que el cultivo al ser de polinización cruzada, en cada generación muestra mucha variación a causa de que los insectos tienen la capacidad de transportar polen de otras especies; aunado a esto, el lote

experimental se estableció cerca de otros cultivos del género de *Cucurbita*, haciendo más factible la posibilidad de haberse producido cruzamientos entre las mismas.

Cuadro 8. Cuadrados medios (primera hilera) y componentes de varianza estimados (segunda hilera) de ocho caracteres en una población de calabaza *Cucurbita pepo* L. Chapingo, Méx., 1998.

FV	GL	Caracter							
		ALF	ANF	GP	CP	SP	PS	ALS	ANS
		(cm)	(cm)	(cm)			(g)	(cm)	(cm)
Familia	119	28.10**	12.91**	0.64**	2.64**	0.72**	5314.2**	0.08**	0.03**
		3.6144	1.7357	0.0942	0.1529	0.0423	704.72	0.013	0.0036
Frutos/F	480	10.03	4.24	0.17	1.88	0.51	1790.6	0.02	0.01
		10.032	4.235	0.1657	1.8767	0.51	1790.58	0.019	0.0119
Total	599	13.62	5.96	0.26	2.03	0.55	2490.6	0.03	0.015
C.V.		18.06	11.36	17.46	53.97	32.99	57.28	6.36	12.69
Media		17.54	18.12	2.33	2.54	2.17	73.88	2.17	0.86

** : Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), FV: Fuente de variación, C.V.: Coeficiente de variación, GL: Grados de libertad, ALF, ANF: Alto y ancho de fruto (cm), GP: Grosor de pulpa (cm), CP y SP: Color y sabor de pulpa, PS: Peso de semilla por fruto (g), ALS y ANS: Alto y ancho de semilla (cm), Escalas: Sabor de pulpa; 1: Muy dulce, 2: Dulce y 3: Insípido. Color de pulpa; 1: Muy anaranjado, 2: Anaranjado, 3: Amarillo intenso, 4: Amarillo, 5: Amarillo claro y 6: Blanco.

Con respecto al análisis de varianza de 'Zucchini Tala' durante el primer ciclo de selección, hubo diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) para surcos en los tres caracteres estudiados. Un comportamiento similar se observó en bloques y también para la interacción entre bloques y surcos para los mismos caracteres. Tales diferencias indican que el terreno es muy irregular y al mismo tiempo dentro de un surco existe heterogeneidad del suelo (Cuadro 9).

Por otro lado, en el segundo ciclo de selección se tuvo alta significancia ($\alpha=0.01$) para surcos en los caracteres frutos por planta (FP) y peso de fruto (PF). En cambio, en el caracter peso de semilla por fruto (PS) no hubo significancia estadística. Para la fuente de variación de bloques, también hubo alta significancia ($\alpha=0.01$) para el caracter peso de fruto (PF), así como significancia estadística en frutos por planta (FP), no encontrando significancia en el caracter peso de semilla por fruto (PS) (Cuadro 10).

Cuadro 9. Cuadrados medios (primera hilera) y componentes de varianza estimados (segunda hilera) para tres caracteres en ‘Zucchini Tala’ intercalado en una población de calabaza *Cucurbita pepo* L. Chapingo, Méx., 1997.

FV	GL	Caracter		
		FP	PF	PS
Bloque (B)	9	0.2828**	0.5113**	1063.97**
		0.00058	-0.000157	1.76341
Surco (S)	10	0.8158**	2.9724**	4030.55**
		0.01841	0.08186	100.8258
B x S	90	0.2636**	0.5165**	1005.77**
		0.07574	0.13613	262.355
Planta/B/S	220	0.03636	0.10807	218.709
		0.03636	0.10807	218.709
Total	329	0.1289	0.3179	572.999
C.V.		16.56	23.16	20.29
Media		1.15	1.42	72.89

*: Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), **: diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) y ns: no significativo. FV: Fuente de variación, C.V.: Coeficiente de variación, GL: Grados de libertad, FP: Frutos por planta, PF: Peso de fruto (g), y PS: Peso de semilla por fruto (g).

En este caso “Tala”, al ser un material genéticamente uniforme no se encuentra motivo alguno para que existan diferencias en caracteres de rendimiento como los aquí

evaluados; entonces, esto nos lleva a pensar que esa significancia encontrada es atribuible sin duda al efecto que tiene el ambiente sobre el cultivo.

Cuadro 10. Cuadrados medios (primera hilera) y componentes de varianza estimados (segunda hilera) para tres caracteres en 'Zucchini Tala' intercalada en una población de calabaza *Cucurbita pepo* L.Chapingo, Méx., 1998.

FV	GL	Caracter		
		FP	PF	PS
Bloque (B)	9	0.0754*	0.8384**	5113.46ns
		-0.00065	0.01027	35.608
Surco (S)	10	0.3158**	2.1028**	4953.36ns
		0.00729	0.05344	33.832
B x S	90	0.0969**	0.49962**	3938.39ns
		0.02826	0.12753	218.31
Planta/B/S	220	0.01212	0.11702	3283.46
		0.01212	0.11702	3283.46
Total	329	0.0463	0.3018	356.344
C.V.		10.5	22.45	80.42
Media		1.05	1.52	71.25

*: Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), **: diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) y ns: no significativo. FV: Fuente de variación, C.V.: Coeficiente de variación, GL: Grados de libertad, FP: Frutos por planta, PF: Peso de fruto (kg), y PS: Peso de semilla por fruto (g).

Los resultados que arrojan los análisis de varianza del híbrido (Cuadros 9 y 10), justifica el hecho de haber llevado a cabo el procedimiento del ajuste de rendimiento por heterogeneidad del suelo para los valores promedio por familia para las variables de interés económico en la población evaluada. Lo que de alguna manera, al momento de hacer la selección de familias no se vió favorecido alguna en especial por efecto de tener un mejor ambiente de crecimiento, dándole mayor efectividad a la selección realizada.

4.2. Estimación de componentes de varianza

Las estimaciones de varianza entre familias en el primer ciclo de selección fueron positivas y altamente significativas ($\alpha=0.01$) en los caracteres frutos por planta (FP), peso de fruto (PF), grosor de pulpa (GP), color de pulpa (CP) y peso de semilla por fruto (PS). El color externo de fruto (CEF) y textura externa de fruto (TEF), los estimadores de la varianza fueron positivos pero no se detectó significancia estadística alguna. Para el carácter sabor de pulpa, de igual manera los estimadores resultaron ser positivos y significativos ($\alpha=0.05$) (Cuadros 5 y 6).

El hecho de tener valores positivos y altamente significativos, implica que podemos seguir con el proceso de mejoramiento, ya que existe diversidad del tipo aditiva, y esto es lo que interesa desde el punto de vista genético, aunado a que este tipo de varianza es la que permite lograr avances, y es factible de explotarse con propósitos de mejoramiento genético.

De manera similar, en el segundo ciclo de selección las estimaciones de la varianza que se encontró entre familias fueron positivas y con alta significancia ($\alpha=0.01$) en 9 caracteres estudiados. En las otras fuentes de variación (bloques, interacción bloques y familia, y fruto/familia) los valores de estas estimaciones fueron positivas y altamente significativas ($\alpha=0.01$) en los caracteres peso de fruto (PF), color externo de fruto (CEF) y textura externa de fruto (TEF) para los dos ciclos de selección efectuados (Cuadros 7 y 8). Sin embargo, se encontró valor de la varianza negativa para el carácter frutos por planta en el segundo año.

Estos valores de los estimadores de componentes de varianza, concuerdan con Searle (1971) al mencionar que los componentes de varianza por definición son positivos; no obstante, las estimaciones obtenidas a partir de un análisis de varianza pueden ser negativos y si se consideran como cero puede tener implicaciones cuando se estima una suma de componentes de varianza, por ser menor al incluir el componente negativo que cuando se considera cero. Las desviaciones se dan cuando con base en una suma de componentes de varianza se estima la heredabilidad en el sentido que sea.

Autores como Bridges y Knapp (1987) señalan que para realizar estimaciones de la varianza es preferible utilizar los diseños factoriales como el Diseño II de Carolina del Norte; sin embargo, bajo el procedimiento de análisis realizado en estos experimentos no se presentaron las complicaciones arriba mencionadas, por lo que de alguna manera el diseño llevado a cabo sí nos proporciona estimaciones confiables.

También se realizó estimaciones de la varianza para 'Zucchini Tala', donde el interés principal fue para plantas dentro de bloques y surcos, encontrándose algo similar que los otros análisis, valores positivos y altamente significativos para los tres caracteres evaluados (Cuadros 9 y 10). La importancia de este análisis en particular radica en que permite conocer el efecto del ambiente y a la postre ayuda a conocer las varianzas genéticas de la población (Guzmán, 1996) y también ver el comportamiento del ambiente, ya que lo más deseable es tener bajos valores para el factor ambiental (Sahagún, 1995b).

4.3. Medias y coeficientes de variación (C.V.)

En los experimentos realizados, a pesar de haber intercalado la calabaza con el maíz, este cultivo tuvo la finalidad de simular el sistema milpa, por lo que no se estudió su comportamiento durante los dos años de selección; y en consecuencia únicamente se presentan análisis sobre la calabaza.

Considerando que los caracteres de interés desde el punto de vista económico son el número de frutos por planta (FP), peso de fruto (PF) y semilla por fruto (PS), se hizo un análisis de los mismos; encontrándose que para el número de frutos por planta (FP) fue mayor en el primer ciclo de selección, ocurriendo la misma situación para los otros dos caracteres. Los rendimientos totales de fruto son de 37.23 ton·ha⁻¹ y 26.52 ton·ha⁻¹ para el primero y segundo ciclo de selección, respectivamente. El rendimiento de semilla en el ciclo uno fue de 1242.1 kg·ha⁻¹ y en el ciclo dos de 907.33 kg·ha⁻¹ (Cuadros 11 y 12). Resultados similares encontró Kasrawi (1994), principalmente para número de flores pistiladas y rendimiento de fruto por planta, entre la época de otoño e invierno, las cuales fueron relativamente grandes, atribuyendo tales magnitudes a la influencia de la época en estos caracteres.

De forma generalizada, en la literatura se menciona que la asociación maíz y calabaza tiene menor rendimiento que en unicultivo, pero en alguno de esos trabajos la densidad usada es de 3704 plantas·ha⁻¹ de calabaza (Reyes, 1976) y la que se usó en este trabajo de investigación es muy superior (11806 plantas·ha⁻¹), lo que nos da una idea de la gran competencia que hubo entre plantas y del potencial de rendimiento que se puede

tener al utilizar una menor densidad de siembra. La selección practicada en alta densidad tiene por objeto obtener materiales de alta habilidad competitiva; por esa razón la evaluación se realizó en las mismas condiciones en las que se estableció el lote de selección.

A pesar de tener un rendimiento inferior en asociación, una de las ventajas que consideran los campesinos al establecer de esta manera es la producción que se obtiene en forma conjunta de maíz y calabaza. Inclusive, ya se ha determinado la razón de superficie equivalente (cuantas veces es mayor la producción en asociación que en monocultivo), específicamente en la asociación maíz, frijol y calabaza, y se encontró ser 0.73 veces mayor la producción de la asociación que en monocultivo (Amador y Gliessman, 1980); aunado a que también hay evidencias de incremento del rendimiento de calabaza cuando el porte del genotipo de maíz se disminuye (Cantú, 1988).

En lo que respecta a los coeficientes de variación, se puede decir que en general son aceptables e inclusive considerables como bajos en el primer ciclo de selección, en comparación con otros estudios sobre evaluación de calabaza bajo sistema de cultivo tradicional (Vildózola, 1998). El valor más bajo en el primer año (15.9%) correspondió al caracter textura externa de fruto (TEF) y el más alto (36.9%) al color externo de fruto (CEF) (Cuadro 11); sin embargo, durante el segundo ciclo de selección a pesar de tener coeficientes de variación más bajos (6.36%) y notarse una clara reducción de estos valores en la mayoría de los caracteres, hubo también un gran incremento en los caracteres color de pulpa (CP) con valor de 53.97% y peso de semilla (57.28%) (Cuadro 12).

Cuadro 11. Parámetros genéticos estimados (a) para 12 caracteres (b) en una población de calabaza *Cucurbita pepo* L. Chapingo, Méx., 1997.

Caracteres	Parámetros genéticos estimados					
	$\bar{X}$	CV	σ_A^2	σ_D^2	CV _A	h^2
FP	1.08	23.3	0.01956	0.0125	12.94	67.3
PF	2.92	36.7	1.45156	-0.05065	41.26	87.5
CEF	1.58	36.9	1.7436	-	83.57	95.4
TEF	2.45	15.9	0.69444	-	34.00	94.4
ALF	-	-	-	-	-	-
ANF	-	-	-	-	-	-
GP	1.89	21.6	0.202	-	23.78	60.1
CP	4.09	31.9	1.16	-	26.33	45.9
SP	2.66	19.2	0.084	-	10.89	29.2
PS	97.42	35.1	6223.2	-3720.15	80.98	86.9
ALS	-	-	-	-	-	-
ANS	-	-	-	-	-	-

a) $\bar{X}$: Media, CV: Coeficiente de variación (%), σ_A^2 : Estimador de la varianza aditiva, σ_D^2 : Estimador de la varianza de dominancia, CVA: Coeficiente de variación genética aditiva (%), h^2 : Heredabilidad (%).

b) FP: Frutos por planta, PF: Peso de fruto (kg), CEF: Color externo de fruto, TEF: Textura externa de fruto, ALF: Alto de fruto y ANF: Ancho de fruto (cm), GP: Grosor de pulpa (cm), CP: Color de pulpa, SP: Sabor de pulpa, PS: Peso de semilla (g), ALS: Alto de semilla y ANS: Ancho de semilla (cm).

Aún con los valores encontrados, se quedan muy por abajo en comparación con los obtenidos por Vildózola (1998), ya que incluso para las mismas variables como peso de semilla y fruto encontró coeficientes de 120.8% y 112.04%, respectivamente. Esta confrontación entre estos dos estudios aquí presentados, es importante considerarla con gran cautela por tratarse de dos especies distintas (*C. pepo* vs *C. argyrosperma*); y diferente estructura del experimento, ya que este autor evaluó la calabaza entre el maíz;

estableciendo un surco de calabaza entre plantas de maíz cada cinco surcos de maíz, donde las matas de calabaza fueron de 3 plantas cada 5 metros.

Cuadro 12. Parámetros genéticos estimados (a) para 12 caracteres (b) en una población de calabaza *Cucurbita pepo* L. Chapingo, Méx., 1998.

Caracteres	Parámetros genéticos estimados					
	$\bar{X}$	CV	σ_A^2	σ_D^2	CV _A	h^2
FP	1.04	15.9	0.0112	0.00663	10.18	76.36
PF	2.16	31.1	0.82156	-0.27892	42.0	88.8
CEF	1.6	30.8	1.0332	-	63.53	88.53
TEF	2.38	18.9	0.64748	-	33.8	87.61
ALF	17.5	18.06	14.4576	-	21.73	64.31
ANF	18.1	11.36	6.9428	-	14.56	67.22
GP	2.33	17.46	0.3768	-	26.35	73.59
CP	2.54	53.97	0.6116	-	30.79	28.96
SP	2.17	32.99	0.1692	-	18.96	29.38
PS	73.9	57.28	2818.88	-3607.04	71.84	66.31
ALS	2.17	6.36	0.052	-	10.51	81.25
ANS	0.86	12.69	0.0144	-	13.95	60.00

a) $\bar{X}$: Media, CV: Coeficiente de variación (%), σ_A^2 : Estimador de la varianza aditiva, σ_D^2 : Estimador de la varianza de dominancia, CVA: Coeficiente de variación genética aditiva (%), h^2 : Heredabilidad (%).

b) FP: Frutos por planta, PF: Peso de fruto (kg), CEF: Color externo de fruto, TEF: Textura externa de fruto, ALF: Alto de fruto y ANF: Ancho de fruto (cm), GP: Grosor de pulpa (cm), CP: Color de pulpa, SP: Sabor de pulpa, PS: Peso de semilla (g), ALS: Alto de semilla y ANS: Ancho de semilla (cm).

4.4. Parámetros genéticos estimados

4.4.1. Varianza aditiva

Para iniciar con el análisis sobre los parámetros genéticos que se consideraron en esta investigación, es de mucha relevancia hacer mención que no fue posible realizar

comparaciones con datos preexistentes, ya que desafortunadamente no hay estudios al respecto; por lo que las estimaciones aquí encontradas se espera que sean la base de comparación con estimaciones futuras en otras poblaciones de calabaza.

Sin embargo, dado que en este trabajo se tienen dos años de evaluación y que su análisis desde el punto de vista estadístico se hizo separado por considerarse dos poblaciones diferentes (debido al proceso de selección combinada a que está sometida la población), entonces se partió de la idea de que es factible realizar comparaciones entre un año y otro en lugar de realizar una evaluación en promedio de años. En los Cuadros 11 y 12 es fácil apreciar que el caracter frutos por planta (FP) de tener un valor de 0.01952 de varianza aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) en el primer año, en el segundo ciclo de selección su valor disminuye (0.0112); en el caso de la variable peso de fruto (PF) también existe un decremento en sus valores aditivos al pasar de 1.45156 a 0.82156; el color externo de fruto (CEF) su decremento es más marcado al disminuir de 1.74364 a 1.0332 de varianza aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$); sin embargo, hay excepciones como grosor, color y sabor de pulpa (GP, CP y SP, respectivamente) que sus valores muestran un incremento al pasar de un ciclo al siguiente y es un avance muy interesante desde el punto de vista de mejoramiento. El caracter peso de semilla (PS) presentó una gran pérdida, ya que de 6223.2 disminuye a 2818.88 de varianza aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$).

Los valores altos de varianza aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) encontrados en estos experimentos son muy importantes para el mejoramiento, ya que es este tipo de varianza el que se desea tener y a la vez permite lograr avances en cada ciclo de selección. Sin embargo, es

necesario tener bien claro que el ambiente juega un papel decisivo en la expresión de estos valores. A pesar de ello, estos resultados sugieren que la selección para los caracteres con varianza aditiva elevada es factible en generaciones tempranas; a pesar de que en el segundo año haya existido disminución de dicha varianza, aparentemente reflejando la más pequeña base genética de las familias como una consecuencia del proceso de selección familiar al que están sometidas. Unander y Varela-Ramírez (1988) encontraron en su análisis de varianza para grosor de pulpa diferencias altamente significativas entre líneas S_1 y no hubo significancia en líneas S_2 , atribuyendo esto último a una menor base genética de las líneas S_2 ; además, señalan que en las poblaciones originales de polinización libre de las cuales se derivaron estas líneas, produjeron frutos de amplia variación en color y grosor de pulpa y que la consistencia encontrada para calidad en frutos de las líneas S_2 es evidencia de una selección exitosa.

De manera muy general, estos caracteres bien pueden clasificarse en tres grupos con base en sus cambios en varianza aditiva de un ciclo a otro: los que disminuyen en forma muy marcada sus valores aditivos y estaría integrada por peso de fruto (PF), color externo de fruto (CEF) y peso de semilla (PS). Los caracteres frutos por planta (FP) y textura externa de fruto (TEF) formarían el segundo grupo por tener casi constantes los valores de aditividad. Finalmente un último grupo integrado por color, grosor y sabor de pulpa cuya característica principal es la de incrementar su varianza aditiva en el siguiente año de evaluación (Cuadros 11 y 12).

Los valores de varianza aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) que se encontró en ambos ciclos de selección, fue muy grande y son como consecuencia de la gran variación que representan, al provenir de familias formadas por selección de los mejores frutos que existen en las zonas geográficamente contrastantes y por lo mismo de amplia diversidad genética en dichas especies como los Valles de Chalco-Amecameca, estado de México y la zona alta de la Sierra Norte de Puebla. Inclusive, cuando se realizan cruza entre materiales provenientes de una misma zona presentan menor rendimiento en comparación con alguna cruza de dos líneas de diferente lugar de origen y además se observa un comportamiento similar para heterosis, donde las cruza interregionales exhiben un mayor valor que las intraregionales para caracteres de rendimiento (Kasrawi, 1994).

El decremento en sus valores de las estimaciones de la varianza aditiva para algunos caracteres sugiere que se debe a un efecto del proceso de selección; situación que era de esperarse de acuerdo con Falconer (1985), suponiendo un modelo aditivo y frecuencia génica del alelo favorable de al menos $\frac{1}{2}$. Los casos donde se observa un incremento de los valores aditivos, es conveniente retomar lo que se manejó al momento de hacer la preselección en campo, la cual difiere del tradicional y consistió en tratar de mantener la diversidad fenotípica presente dentro de cada caracter; es decir, no se seleccionó estrictamente a los mejores individuos; por ejemplo, para textura externa de fruto se seleccionó tanto frutos que presentaban costillas muy prominentes hasta los que eran totalmente lisos y esto hace que de alguna manera se incremente esa varianza. Aunado a que el cultivo al tener un sistema de reproducción cruzada hace que la

población sea heterogénea genéticamente, produciendo gran variabilidad genética de un año a otro.

4.4.2. Varianza de dominancia

La varianza de dominancia ($\hat{\sigma}_D^2$) en los caracteres frutos por planta (FP), peso de fruto (PF) y peso de semilla (PS), en ambos ciclos de selección, presentó valores muy bajos ó negativos, lo que permite decir que prácticamente la varianza genética total en su mayor parte está determinada por efectos aditivos de los genes, lo que es muy favorable y factible de explotarse a través de cualquier esquema de selección. Los valores negativos de varianza de dominancia ($\hat{\sigma}_D^2$) encontrados, son por naturaleza no interpretables, que justifican aún más el utilizar la selección combinada como método de mejoramiento (Cuadros 11 y 12). Los otros caracteres no se midieron en el híbrido, y esto propició desconocer el efecto del ambiente en cada una de las parcelas; además de que se consideró únicamente a los de mayor interés, es decir, los caracteres de rendimiento. También fue como resultado de que representa mayor cantidad de tiempo para las determinaciones y esto conduciría a no realizar las mediciones de la población en su momento oportuno.

4.4.3. Coeficiente de variabilidad genética aditiva

Cuando se desea hacer comparaciones entre caracteres de una población, sobre la magnitud de la variación genética que presentan, es necesario considerar a Molina

(1992) quien señala que las estimaciones de varianza aditiva tienen sentido cuando son comparadas con las de otras poblaciones, ya que el uso de sus valores absolutos puede inducir a interpretaciones erróneas. Para evitarlo, es preferible comparar sus coeficientes de variabilidad genética aditiva (CV_A).

En este sentido, los CV_A obtenidos en el presente estudio durante el primer ciclo de evaluación indican que existe poca variabilidad genética aditiva en frutos por planta (FP) y sabor de pulpa (SP); mediana variabilidad en grosor (GP) y color de pulpa (CP) y textura externa de fruto (TEF); y una alta variabilidad genética aditiva en peso de fruto (PF) y semilla (PS) y color externo de fruto (CEF) (Cuadro 11). En la población derivada del segundo ciclo de selección, se encontró que caracteres como frutos por planta (FP), ancho de fruto (ANF), sabor de pulpa (SP), alto (ALS) y ancho de semilla (ANS) tienen poca variabilidad genética del tipo aditiva; en cambio textura externa de fruto (TEF), alto de fruto (ALF), grosor (GP) y sabor de pulpa (SP) tienen mediana variabilidad y finalmente caracteres como peso de fruto (PF), color externo de fruto (CEF) y peso de semilla (PS) muestran una alta variabilidad genética aditiva (CV_A) (Cuadro 12). Esto significa que es más fácil lograr importantes avances por selección en este último grupo de caracteres, ya que en los de poco CV_A la propia selección ha reducido la varianza aditiva y el CV_A (Peña, 1998).

La disminución de los CV_A en frutos por planta (FP) radica principalmente en que en el proceso de selección el criterio utilizado ha sido el de uniformizar individuos que tengan la mayor cantidad de frutos. Para color externo de fruto (CEF), la disminución encontrada era de esperarse, inclusive en el campo esa variación ya era

muy notoria al grado de tener en el primer año frutos desde verde oscuro hasta los “tipos loros” (frutos con la mitad de color amarillo y el resto de color verde) y cremas, y ya para el segundo año no se encontró estos dos últimos tipos de frutos. Aunque estos cambios deben ser considerados con cautela, debido a que es una especie alógama y que de un año a otro su segregación es muy diferente y se puede dar el caso de que en un siguiente ciclo se volviera a tener esos colores externos del fruto. Los caracteres grosor (GP), color (CP) y sabor de pulpa (SP) es muy claro que incrementaron su CV_A de un ciclo a otro, y es muy probable que sea como una causa de tener criterios flexibles al momento de la selección; esto viene al caso mencionar porque este trabajo forma parte de un nuevo enfoque de mejoramiento donde se trata de ir avanzado pero también tratando de mantener en lo posible la diversidad. Sin embargo, era de esperarse que en peso de semilla (PS) su variabilidad disminuyera dado que para este carácter, al momento de seleccionar las familias se consideraron exclusivamente las de mayor rendimiento.

4.4.4. Heredabilidad

La estimación de heredabilidad de los ocho caracteres estudiados resultó ser de mediana a alta ($45.9\% \leq \hat{h}^2 \leq 95.4\%$) con excepción de sabor de pulpa (SP) que presentó baja heredabilidad con 29.2% en el primer año de evaluación, de acuerdo con la clasificación que presentan Molina (1992) y Márquez (1985) (Cuadro 11). Sin embargo después de un ciclo de selección, aún los valores de heredabilidad son elevados ($28.96\% \leq \hat{h}^2 \leq 88.8\%$); aunque hay caracteres que por el mismo efecto de la selección

su porcentaje de heredabilidad ha disminuido, como es el CEF, TEF, CP y PS; ocurriendo lo contrario con FP, PF y GP (Cuadro12). Esto permite al menos tener una idea del enorme potencial de variabilidad genética que existe en esta especie, sobre todo para los caracteres peso de fruto (PF) y semilla (PS) y color externo de fruto (CEF).

De acuerdo con Nyquist (1991), los valores que aquí se presentan para heredabilidad ($\hat{h}^2$) corresponden a las familias, por lo que en un sentido predictivo de la respuesta, sólo deben ser usados para la selección familiar de medios hermanos; además, es muy probable que tanto σ_A^2 como h^2 hayan sido sobreestimados debido a que al realizar la evaluación de familias de medios hermanos obtenidos de un lote de polinización libre sobreestima a la σ_F^2 (de familias) por contener alguna proporción de hermanos completos.

Las heredabilidades encontradas indican que son muchas las probabilidades de continuar avanzando con la selección; además de que los coeficientes de variabilidad genética aditiva (CV_A) muestran que existe alta variación en la mayoría de los caracteres evaluados en ambos ciclos de selección. Se observa una gran consistencia entre el CV_A y $\hat{h}^2$, al tener valores altos de CV_A esto se ve reflejado en los porcentajes de heredabilidad e incluso aún teniendo bajo CV_A la $\hat{h}^2$ es muy elevada. Peña (1998) al determinar el CV_A y $\hat{h}^2$ en tomate de cáscara no encontró consistencia entre estos parámetros, al grado tal que caracteres con igual porcentaje de heredabilidad presentan CV_A diferentes y viceversa.

Este mismo autor también señala que el no haber consistencia entre CV_A y $\hat{h}^2$ es una consecuencia de la forma de estimación de los parámetros, pues mientras que el CV_A contiene únicamente la $\hat{\sigma}_A^2$, la $\hat{h}^2$ involucra tanto a la $\hat{\sigma}_A^2$ como al resto de la $\hat{\sigma}_P^2$, por lo que no siempre es de esperarse una correlación perfecta entre estos parámetros.

4.4.5. Respuesta esperada a la selección combinada (R_{SC})

El análisis de la R_{SC} indica que los caracteres peso de fruto (PF), color (CEF) y textura externa de fruto (TEF) y peso de semilla (PS) presentan una mayor respuesta esperada que el resto de los caracteres evaluados en el primer año (Cuadro 13). Además, la mayor respuesta a la selección ocurrió en los caracteres con una mayor $\hat{\sigma}_A^2$.

En las familias evaluadas en el segundo ciclo, los caracteres con mejor R_{SC} son alto (ANF) y ancho de fruto (ANF) así como el peso de semilla por fruto (PS). Caracteres como frutos por planta (FP), características de pulpa (grosor, color y sabor), alto (ALS) y ancho de semilla (ANS), presentaron valores bajos de R_{SC} (Cuadro 14). De forma similar que en el primer año, los valores de $\hat{\sigma}_A^2$ tienen una relación directa con las R_{SC} , ya que caracteres con alta respuesta a la selección contienen mayor varianza aditiva.

Cuadro 13. Estimadores de varianzas aditiva (σ_A^2), fenotípica de individuos (σ_O^2), fenotípica entre familias (σ_{PB}^2), fenotípica dentro de familias (σ_{PW}^2) y respuesta esperada a la selección combinada de medios hermanos (R_{sc}). Chapingo, Méx., 1997.

Carácter	Parámetros genéticos estimados					
	Media	σ_A^2	σ_O^2	σ_{PB}^2	σ_{PW}^2	R_{sc}
FP	1.08	0.01956	0.09481	0.00725	0.06353	0.0888
PF	2.92	1.45156	2.72766	0.41196	1.14609	1.309
CEF	1.58	1.74364	1.48009	0.45686	0.3402	2.5552
TEF	2.45	0.69444	0.63239	0.18372	0.15216	1.5332
ALF	-	-	-	-	-	-
ANF	-	-	-	-	-	-
GP	1.89	0.202	0.4681	0.084	0.1668	0.46
CP	4.09	1.16	2.629	0.632	1.707	0.8545
SP	2.66	0.084	0.353	0.072	0.26	0.1644
PS	97.42	6223.2	4510.74	1788.99	1165.95	154.3781
ALS	-	-	-	-	-	-
ANS	-	-	-	-	-	-

FP: Frutos por planta, PF: Peso de fruto (kg); CEF: Color externo de fruto, TEF: Textura externa de fruto, ALF: Alto de fruto, ANF: Ancho de fruto (cm), GP: Grosor de pulpa (cm), CP: Color de pulpa, SP: Sabor de pulpa, PS: Peso de semilla (g), ALS: Alto de semilla y ANS: Ancho de semilla (cm).

4.4.6. Respuestas esperadas (RE) y observadas a la selección (RO)

La comparación de las respuestas porcentuales esperadas y observadas (Cuadro 15) muestran que en la mayoría de los caracteres a pesar de no lograr avances en comparación con las esperadas, sí se ha logrado ganancias muy importantes sobre todo para grosor de pulpa (GP) donde prácticamente se incrementó tal como se esperaba.

Cuadro 14. Estimadores de varianzas aditiva (σ_A^2), fenotípica de individuos (σ_O^2), fenotípica entre familias (σ_{PB}^2), fenotípica dentro de familias (σ_{PW}^2) y respuesta esperada a la selección combinada de medios hermanos (R_{sc}). Chapingo, Méx., 1998.

Caracter	Parámetros genéticos estimados					
	Media	σ_A^2	σ_O^2	σ_{PB}^2	σ_{PW}^2	R_{sc}
FP	1.04	0.0112	0.03927	0.00367	0.0271	0.0756
PF	2.16	0.82156	1.17696	0.23098	0.4543	1.1327
CEF	1.6	1.0332	1.28266	0.29176	0.2442	1.802
TEF	2.38	0.64748	0.86841	0.18411	0.2047	1.261
ALF	17.5	14.4576	19.266	5.62	10.0318	4.19983
ANF	18.1	6.9428	8.5527	2.582	4.235	3.07829
GP	2.33	0.3768	0.3879	0.128	0.1657	0.82633
CP	2.54	0.6116	2.5576	0.528	1.8767	0.44463
SP	2.17	0.1692	0.6963	0.144	0.51	0.23585
PS	73.9	2818.88	3558.14	1062.84	1790.58	60.94178
ALS	2.17	0.052	0.05	0.016	0.019	0.33426
ANS	0.86	0.0144	0.0215	0.006	0.0119	0.12277

FP: Frutos por planta, PF: Peso de fruto (kg), CEF: Color externo de fruto, TEF: Textura externa de fruto, ALF: Alto de fruto, ANF: Ancho de fruto (cm), GP: Grosor de pulpa (cm), CP: Color de pulpa, SP: Sabor de pulpa, PS: Peso de semilla (g), ALS: Alto de semilla y ANS: Ancho de semilla (cm).

Además, en caracteres como el color y sabor de pulpa también se ha logrado avances significativos; los valores negativos que se observa es por la forma en que se les asignó valores para poder analizarlos estadísticamente, dado que el color de pulpa que de alguna manera no es muy apreciado en el mercado tuvieron valores altos y esto obviamente al irse concentrando el color hacia los de menor valor, los avances porcentuales resultan negativos. En forma similar se procedió para sabor de pulpa,

donde también se ha incrementado la frecuencia de los sabores dulce y muy dulce (Cuadro 15).

Cuadro 15. Comparación de las respuestas estimada (RE) y observada (RO) a la selección combinada de medios hermanos (CSMH) para 12 caracteres en calabaza. Chapingo, Méx., 1997,1998.

Caracter	Media		Diferencia	SCMH	
	Ciclo 1 (1997)	Ciclo 2 (1998)		RO(%)	RE(%)
FP	1.08	1.04	- 0.04	- 3.7	8.2
PF	2.92	2.16	- 0.76	- 26.02	44.83
CEF	1.58	1.6	0.02	1.27	161.7
TEF	2.45	2.38	- 0.07	- 2.86	62.58
ALF	-	17.5	-	-	-
ANF	-	18.1	-	-	-
GP	1.89	2.33	0.44	23.28	24.3
CP	4.09	2.54	- 1.56	- 38.05	20.8
SP	2.66	2.17	- 0.49	- 18.42	6.2
PS	97.42	73.9	- 23.54	- 24.16	158.5
ALS	-	2.17	-	-	-
ANS	-	0.86	-	-	-

FP: Frutos por planta, PF: Peso de fruto (kg), CEF: Color externo de fruto, TEF: Textura externa de fruto, ALF: Alto de fruto (cm), ANF: Ancho de fruto (cm), GP: Grosor de pulpa (cm), CP: Color de pulpa, SP: Sabor de pulpa, PS: Peso de semilla (g), ALS: Alto de semilla (cm) y ANS: Ancho de semilla (cm).

Respecto a los caracteres color y textura externa de fruto al comparar ambas respuestas se encontró que no ha habido cambios para color, ni para textura del fruto, aunque numéricamente hay cambios pero en bajo porcentaje. Sin embargo, en los caracteres de rendimiento (FP, PF y PS) hubo una disminución muy marcada debido a que durante el segundo año de evaluación se tuvo el ataque de virus en forma severa en

todas las familias y esto propició que su rendimiento fuera inferior que al año anterior (Cuadro 15).

Un segundo factor que probablemente también influyó, fueron las temperaturas tan elevadas que se presentaron en el segundo año (similar a un clima cálido), comparados con el primer año de selección, lo que ocasionó un desarrollo del período vegetativo muy acelerado (Figura 1A y 2A).

4.5. Respuesta estimada a la selección combinada (R_{sc})

La información preliminar correspondiente a los compuestos de los dos primeros ciclos de selección muestra que ha habido una ganancia notable en color de pulpa al pasar de 4.1 (amarillo) a 2.54 (amarillo intenso, próximo a anaranjado); grosor de pulpa (1.89 cm a 2.33 cm) y sabor de pulpa (2.66: medio dulce a 2.17: dulce); significando una ganancia genética (β_1) de 0.44 cm de grosor de pulpa en promedio por ciclo de selección y -1.56 y -0.49 unidades escalares para color y sabor de pulpa, respectivamente (Cuadro 16 y 17).

Hubo una reducción notable en el ciclo vegetativo ya que los días a floración masculina y femenina se redujeron en 5.2 y 4.5 días por ciclo de selección; este resultado debe interpretarse con cautela pues el año de 1998 la temperatura fue notablemente más elevada que en 1997 (Figura 1A y 2A), y es bien sabido que el incremento en la temperatura acelera los procesos fisiológicos y el desarrollo de las plantas (Cuadro 16 y 17).

El número de frutos por familia, peso de fruto y de semilla por fruto, bajo este análisis, mostraron una reducción de 0.04, 0.76 y 0.49, respectivamente. Tales reducciones deben también considerarse con cautela dado que, los datos usados como base de cálculo fueron obtenidos por muestreo de las poblaciones crecidas en diferentes años y por lo tanto bajo diferentes condiciones ambientales; además en 1998 ocurrió un alto grado de incidencia de virosis: otro factor determinante en tales reducciones. Posiblemente, otro de los factores que están determinando en forma considerable estos comportamientos sean los tamaños óptimos de muestra que debieran usarse, ya que específicamente para el rendimiento de semilla, se debió haber hecho las mediciones de 2136 y 2589 frutos para el año uno y dos, respectivamente para lograr abarcar toda la variabilidad; sin embargo, esto implicaba un gran esfuerzo práctico que haría muy lenta la toma de los datos, a pesar de ello, se midieron 500 y 600 frutos por año, respectivamente. En el resto de los caracteres sí se logró la medición de los tamaños óptimos de muestra requeridos (Cuadros 16 y 17).

Chávez (1993) indica que las respuestas por ciclo de selección nunca son constantes de generación en generación, y estas irregularidades se deben a cambios en el ambiente y errores en el muestreo; por lo tanto debe hacerse varios ciclos de selección a fin de tener una estimación correcta y constante de la respuesta. Otros autores señalan que los datos apropiados para el cálculo de las respuestas a la selección los proporcionan experimentos que se caracterizan por haberse establecidos en distintas localidades, varios años y muchas repeticiones.

Cuadro 16. Media, desviación estándar y tamaño óptimo de muestra para 12 caracteres de calabaza *Cucurbita pepo* L. Chapingo, Méx., 1997, 1998.

Carácter	Ciclo 1 (1997)		Ciclo 2 (1998)	
	Media $\pm \sigma$	η	Media $\pm \sigma$	η
FP	1.08 $\pm$ 0.296	6	1.04 $\pm$ 0.19	3
PF	2.92 $\pm$ 1.413	53	2.16 $\pm$ 0.97	34
CEF	1.58 $\pm$ 1.009	50	1.6 $\pm$ 0.99	47
TEF	2.45 $\pm$ 0.669	14	2.38 $\pm$ 0.83	22
ALF	-	-	17.5 $\pm$ 3.7	60
ANF	-	-	18.1 $\pm$ 2.4	25
GP	1.89 $\pm$ 0.466	9	2.33 $\pm$ 0.5	8
CP	4.1 $\pm$ 1.412	37	2.54 $\pm$ 1.4	59
SP	2.66 $\pm$ 0.53	8	2.17 $\pm$ 0.7	17
PS	97.4 $\pm$ 52.05	2136	73.9 $\pm$ 49.9	2589
ALS	-	-	2.17 $\pm$ 0.18	1
ANS	-	-	0.86 $\pm$ 0.12	1

FP: Frutos por planta, PF: Peso de fruto (kg), CEF: Color externo de fruto, TEF: Textura externa de fruto, ALF y ANF: Alto y ancho de fruto (cm), GP: Grosor de pulpa (cm), CP y SP: Color y sabor de pulpa, PS: Peso de semilla por fruto (g), ALS y ANS: Alto y ancho de semilla (cm); η : Tamaño óptimo de muestra. Escalas: Color externo de fruto; 1: Verde oscuro, 2: Verde gris, 3: Gris, 4: Verde amarillo, 5: Amarillo y 6: Blanco. Textura externa de fruto; 1: Muy costilluda, 2: Costilluda, 3: Tenue, y 4: Lisa. Sabor de pulpa; 1: Muy dulce, 2: Dulce, 3: Insípido. Color de pulpa; 1: Muy anaranjado, 2: Anaranjado, 3: Amarillo intenso, 4: Amarillo, 5: Amarillo claro y 6: Blanco.

Los cambios observados en el color externo del fruto indican que en la población intercolectas, se está avanzando lentamente hacia el color oscuro de los frutos ($\beta_1 = 0.02$); mientras que la textura externa del fruto avanza muy poco hacia costillas menos prominentes ($\beta_1 = -0.07$) (Cuadro 17).

Cuadro 17. Ganancia estimada por ciclo de selección (β_1) mediante el método de regresión lineal en calabaza. Chapingo, Méx., 1997-1998.

Caracter	β_1	Ec. de predicción
FP	- 0.04	$Y_{FP} = 1.12 - 0.04X_i$
PF	- 0.76	$Y_{PF} = 3.68 - 0.76X_i$
CEF	0.02	$Y_{CEF} = 1.56 + 0.02X_i$
TEF	- 0.07	$Y_{TEF} = 2.52 - 0.07X_i$
ALF	-	-
ANF	-	-
GP	0.44	$Y_{GP} = 1.45 + 0.44X_i$
CP	- 1.56	$Y_{CP} = 5.66 - 1.56X_i$
SP	- 0.49	$Y_{SP} = 3.15 - 0.49X_i$
PS	- 23.54	$Y_{PS} = 120.96 - 23.54X_i$
ALS	-	-
ANS	-	-

FP: Frutos por planta, PF: Peso de fruto (kg), CEF: Color externo de fruto, TEF: Textura externa de fruto, ALF: Alto de fruto, ANF: Ancho de fruto (cm), GP: Grosor de pulpa (cm), CP: Color de pulpa, SP: Sabor de pulpa, PS: Peso de semilla (g), ALS: Alto de semilla y ANS: Ancho de semilla (cm).

4.6. Heterocigosis

En el Cuadro 18 se puede observar que la población estudiada presenta en su mayor parte caracteres que están expresados por pocos genes (generalmente uno). Weaver y Hedrick (1992) mencionan que al conocer las frecuencias alélicas para un gen determinado, se puede clasificar a los genes como polimórficos o monomórficos; y señalan que cuando el alelo más común tiene un valor de 0.99 o más es considerado monomórfico. Sin embargo, en estos estudios los valores encontrados para el alelo más común no alcanzan esa cantidad por lo que posiblemente estos caracteres tengan dominancia parcial.

Cuadro 18. Frecuencias alélicas para ocho caracteres de herencia simple en calabaza. Chapingo, Méx., 1997, 1998.

Caracter	Ciclo 1 (1997)				Ciclo 2 (1998)			
	p^2	$2pq$	q^2	H_n (%)	p^2	$2pq$	q^2	H_n (%)
PA	.972196	.027608	.000196	2.76	.9746	.0252	.0001	2.52
TVO	.0145	0.2118	0.7737	21.18	.0131	.2025	.7844	20.25
HM	.000392	.038822	.960786	3.8	.00065	.049	.9495	4.9
ZA	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
FTA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
BVC	.0055	.1372	.8573	13.72	.00408	.11966	.87626	11.9
CC	.8573	.1372	.0055	13.72	.8649	.1302	.0049	13.02
EM	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
$\bar{H}$		.0689		6.89		.0658		6.58

PA: planta arbustiva, TVO: tallo verde oscuro; HM: hojas moteadas, ZA: zarcillos ahojados, FTA: fruto tierno amarillo, BVC: banda verde de corola, CC: color de corola y EM: esterilidad masculina. $\bar{H}$: heterocigosis promedio y H_n : valor del heterocigote en porcentaje.

4.7. Correlaciones fenotípicas

Se determinó la correlación entre los caracteres FP, PF, CEF y TEF evaluados en ambos ciclos de selección. Se encontró que el número de frutos por planta (FP) y peso de fruto (PF) tienen una correlación positiva y altamente significativa (0.3** y 0.4** para el año uno y dos, respectivamente); sin embargo aunque pareciera no lógico este grado de asociación, ya que en general se esperaría una correlación alta y negativa, probablemente sea debido a que la calabaza tiene una gran cantidad de área foliar y al tener en promedio un fruto por planta, aún posee la cantidad de carbohidratos que

puedan contribuir al incremento del peso del fruto a pesar de que el numero de frutos sea mayor (Cuadro 19).

Cuadro 19. Correlaciones fenotípicas en caracteres de una población de calabaza *Cucurbita pepo* L. Población intercolectas. Chapingo, Méx., 1997-1998.

Ciclo	Caracter	FP	PF	CEF	TEF
1 (1997)	FP	1.0	0.4**	0.09**	0.005ns
	PF		1.0	-0.038**	-0.3**
	CEF			1.0	0.103**
	TEF				1.0
2 (1998)	FP	1.000	0.283**	-0.008ns	-0.023ns
	PF		1.000	-0.063**	-0.39**
	CEF			1.000	0.054**
	TEF				1.000

** : diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) y ns: no significativo.

FP: Frutos por planta, PF: Peso de fruto (kg), CEF: Color externo de fruto y TEF: Textura externa de fruto. Escalas: Color externo de fruto; 1: Verde oscuro, 2: Verde gris, 3: Gris, 4: Verde amarillo, 5: Amarillo y 6: Blanco. Textura externa de fruto; 1: Muy costillada, 2: Costillada, 3: Tenue, y 4: Lisa.

Otra de las correlaciones importantes encontradas es en peso de fruto (PF) y textura externa de fruto (TEF) con -0.4** y -0.3** para el ciclo uno y dos de selección, respectivamente; esto indica que frutos con texturas lisas tendrán menor peso y al utilizar frutos con costillas más prominentes se espera que los frutos sean de mayor peso (Cuadro 19). Entonces el caracter TEF bien podría usarse como un criterio indirecto para incrementar el peso de los frutos durante la selección familiar. El resto de las correlaciones entre estos cuatro caracteres involucrados no fueron estadísticamente significativas.

Respecto a los caracteres ALF, ANF, GP, CP, SP, PS, ALS y ANS las correlaciones fueron bajas, negativas y no significativas en la mayoría de los casos. Pero las asociaciones que resultan interesantes son CP y SP con 0.3** y 0.5** (ciclo uno y dos, respectivamente) indicando que para colores anaranjado intenso o anaranjado les corresponden sabores muy dulces o dulces y viceversa (Cuadro 20).

Cuadro 20. Correlaciones fenotípicas para caracteres de fruto de una población de calabaza *Cucurbita pepo* L. Población intercolectas. Chapingo, Méx., 1997-1998.

Año		ALF	ANF	GP	CP	SP	PS	ALS	ANS
1997	GP			1.0	-0.2**	-0.14**	0.09*		
	CP				1.0	0.35**	-0.22**		
	SP					1.0	-0.098*		
	PS						1.0		
1998	ALF	1.0	0.19**	0.26**	-0.07ns	0.01ns	0.28**	0.08ns	0.06ns
	ANF		1.0	0.48**	-0.27**	-0.19**	0.32**	0.12*	0.005ns
	GP			1.0	-0.16**	-0.17**	0.18**	0.14**	0.03ns
	CP				1.0	0.52**	-0.08ns	-0.04ns	0.02ns
	SP					1.0	-0.03ns	-0.09ns	-0.04ns
	PS						1.0	0.15**	-0.002ns
	ALS							1.0	0.25**
	ANS								1.0

*: Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), **: diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) y ns : no significativo.

ALF: Alto de fruto y ANF: Ancho de fruto (cm), GP: Grosor de pulpa (cm), CP: Color de pulpa, SP: Sabor de pulpa, PS: Peso de semilla por fruto (g), ALS: Alto de semilla y ANS: Ancho de semilla (cm). Escalas: Sabor de pulpa; 1: Muy dulce, 2: Dulce, 3: Insípido. Color de pulpa; 1: Muy anaranjado, 2: Anaranjado, 3: Amarillo intenso, 4: Amarillo, 5: Amarillo claro y 6: Blanco.

Sin embargo, Paris y Nerson (1998), al evaluar una muestra de 12 semillas de cada una de 64 accesiones de *C. pepo*, encontraron que los cultivares que tienen frutos largos tuvieron semillas más cortas que las que tenían frutos redondos; atribuyendo a

que durante siglos de mejoramiento (selección) de calabaza en *C. pepo* se ha tenido una tendencia hacia semillas más cortas y llenas; y en estos experimentos las correlaciones fenotípicas para estos caracteres no fueron estadísticamente significativas.

Paris y Nerson (1998) también encontraron que aparentemente hay una relación entre las proporciones del fruto y semilla, ya que frutos más largos y angostos tienen semillas más cortas y llenas; sugiriendo que el ancho de fruto, o más precisamente el ancho de la cavidad de la semilla, juega un papel restrictivo sobre la longitud de la semilla, ya que en más largos, hay menos espacio para alargarse pero más espacio para que se llenen que en frutos redondos.

4.8. Variación en calidad de fruto maduro

Como resultado de los dos ciclos de selección, el color de pulpa de los frutos ha experimentado cambios tan favorables; ya que los frutos evaluados durante el primer año, se encontró más del 50% de colores amarillo claro y blanco que no son muy apreciados en el mercado. Para el segundo año de selección, el 62.9% de los frutos mostraron colores anaranjado intenso y anaranjado; esto motiva a continuar con el sistema de selección combinada que se ha utilizado (Cuadro 21).

También se tuvo éxito respecto al sabor de pulpa, donde el 68.84% de los frutos eran insípidos y después de un ciclo de selección esta frecuencia disminuyó hasta el 38.4% y de manera contraria aumentaron los sabores muy dulce (22.1%) y dulce (39.5%) (Cuadro 21).

Cuadro 21. Variación para calidad de fruto maduro de calabaza *Cucurbita pepo* L. Chapingo, Méx., 1997-1998.

Especie	Caracter	Año	
		1997 ^a /	1998 ^a /
<i>Cucurbita pepo</i> L.	COLOR DE PULPA (%)		
	Muy anaranjado	4.56	24.9
	Anaranjado	13.69	38.0
	Amarillo intenso	13.69	14.6
	Amarillo	16.07	7.6
	Amarillo claro	38.69	8.0
	Blanco	13.0	6.8
	SABOR DE PULPA (%)		
	Muy dulce	2.57	22.1
	Dulce	28.57	39.5
	Insípido	68.84	38.4

^a/: Datos obtenidos a partir de una muestra aleatoria representativa de la población.

5. CONCLUSIONES

Con base en los resultados encontrados y de acuerdo con la discusión, se concluye lo siguiente:

Durante el primer ciclo de selección se encontró una alta diversidad genética en todos los caracteres evaluados tanto cuantitativos como cualitativos, pero esa diversidad disminuyó en el segundo ciclo de selección.

La varianza genética total está determinada principalmente por efectos aditivos de los genes; además, las varianzas de dominancia fueron negativas y altamente significativas en los dos años de selección.

La heredabilidad estimada en los caracteres estudiados fluctuó entre 29.2 y 95.4 %, en el primer ciclo de selección y en el segundo ciclo de selección la heredabilidad fluctuó entre 28.96 y 88.8 %.

Con base en los parámetros estimados, se encontró una mayor respuesta a la selección combinada en los caracteres color externo de fruto (2.5543) y peso de semilla (154.3781) para el primer año; mientras que en el segundo, estos valores disminuyeron pero aún el carácter peso de semilla fue el de mayor respuesta esperada a la selección

(60.94). En general las respuestas porcentuales esperadas resultaron ser altas en la mayoría de los caracteres evaluados.

Debido a las diferencias en las condiciones ambientales que prevalecieron de un año a otro, la respuesta observada en los caracteres relacionados con el rendimiento como frutos por planta (-3.7), peso de fruto (-26.02) y peso de semilla por fruto (-24.16) disminuyeron drásticamente. Sin embargo, considerando las respuestas esperadas con base en los parámetros genéticos es factible lograr avances considerables durante el proceso de selección combinada en familias de medios hermanos maternos.

Se encontró correlaciones fenotípicas importantes entre ALF y GP (0.26**), así como entre ALF y PS (0.28**), ANF y GP (0.48**) y ALS y ANS (0.3**), por lo que estas correlaciones pueden ser utilizadas como criterios indirectos de selección.

En calidad de fruto maduro se logró importantes avances, producto del proceso de selección a que se sometió la población; de predominar en un 50% los colores amarillo claro y blanco en el primer ciclo de selección, para el segundo año de selección se encontró un 62.9% de frutos con colores anaranjado intenso y anaranjado. Similar comportamiento fue en sabor de pulpa, al pasar de un 30 a 61% en sabores muy dulces y dulces de un ciclo de selección al siguiente.

6. LITERATURA CITADA

- Adams, M. W. and D. B. Shank. 1959. The relationship of heterozygosity to homeostasis in mayze hybrids. *Genetics* 44:777-786.
- Amador A., H. y Gliessman S., R. 1980. Sistemas de cultivo múltiples: una base para el desarrollo de alternativas agrícolas. Colegio Superior de Agricultura Tropical (CSAT). Cardenas, Tabasco, Méx. 25 p.
- Cachón A., L.; H. Neri G. y H. Cuanalo de la C. 1976. Los suelos del área de influencia de Chapingo. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
- Cantú A., M. A. 1988. Efecto de la cobertura del maíz sobre el rendimiento de la calabaza en el sistema maíz-calabaza. *In*: Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética. SOMEFI. 18-22 de Julio. Chapingo, Méx. p. 338.
- Chavez A., J. L. 1993. Mejoramiento de Plantas 1. 2ª edición. Editorial Trillas. UAAAN. México, D. F. 136 p.
- Cleveland, D. A.; D. Soleri and S. E. Smith. 1994. Do folk crop varieties have a role in sustainable agriculture? Incorporating folk varieties into the development of locally based agriculture may be the best approach. *BioScience* 44(11): 740-751.
- Cunningham, A. B. 1994. Combining skills: participatory approaches in biodiversity conservation. *In*: Botanical diversity in southern Africa. Proceedings of a conference on the Conservation and Utilization of Southern African Botanical Diversity. Cape Town, South Africa; National Botanical Institute. pp:149-167.

- Decker-Walters, D. S.; Walters, T. W.; Posluszny, V. and Kevan, P. G. 1990. Genealogy and gene flow among annual domesticated species of *Cucurbita*. Can. J. Bot. 68:782-789.
- De la Cruz T., E. y J. Sahagún C. 1998. Estimación de componentes de varianza genética y heredabilidad en caracteres de interés agronómico en aguacate (*Persea americana* Mill.) In: Memoria del XVII Congreso de Fitogenética. 5-9 de Octubre. Acapulco, Guerrero, México.
- Esquinas, A. y C. Gulick. 1984. Genetic resources of cucurbitaceas. International Board for Plant Genetics. Resources. London, Inglaterra.
- Falconer, D. S. 1986. Introducción a la Genética Cuantitativa. Trad. F. Márquez S. Editorial CECSA. 2ª edición. México, D. F. 383 p.
- Fehr, W. R. 1987. Principles of Cultivar Development. Vol. 1. Theory and Techniques. McMillan. New York. 536 p.
- Frankel, O. H. and J. G. Hawkes. 1975. Crop genetics resources for today and tomorrow. Cambridge University Press. Great Britain. 492 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köppen para adaptarlos a las condiciones de la república mexicana. 4ª edición. UNAM. México, D. F.
- Garza L., J.M. 1985. Las hortalizas cultivadas en México: características botánicas. Fitotecnia, UACh. Chapingo, México. pp. 10
- Gollin, D. and M. Smale. 1999. Valuing Genetic Diversity: Crop Plants and Agroecosystems. In: Biodiversity in Agroecosystems. Collins, W. W. and C. O. Qualset (eds.). Cap. 13 pag. 237-266. CRC Press LLC. USA.

- Gómez A., J. R. 1977. Introducción al muestreo. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialista en Estadística. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 259 p.
- Guenkov, G. 1974. Fundamentos de Horticultura Cubana. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. pp. 169-172.
- Gutierrez G., A. S. 1994. Efecto del nitrógeno en el rendimiento comercial y calidad biológica de semilla de calabacita (*Cucurbita pepo* L.). Tesis profesional. UACH. Depto. de Fitotecnia. Chapingo, Méx. 112 p.
- Guzmán M., E. E. 1996. Genética Agropecuaria. Editorial Trillas. México, D. F. 150 p.
- Hardon, J. 1996. Introduction and participatory plant breeding. Proceeding of a workshop on participatory plant breeding. Wageningen, The Netherland. International Plant Resources Institute. 15 p.
- Hernández X., E. y M. A. Zarate A. 1991. Agricultura tradicional y conservación de recursos genéticos *in situ*. In: Avances del Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México. Ortega, P.R., Palomino, G.H., Castillo, G.F., González, H.V.A. y Livera, M. M. (Eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética.
- Hutton, M. G. and R. W. Robinson. 1992. Gene list for *Cucurbita* spp. Cucurbit Genetics Cooperative Report 15:102-109.
- Hutton, M. G. and R. W. Robinson. 1996. Update of gene list *Cucurbita* spp. Cucurbit Genetics Cooperative Report 19:91-92.
- Jeffrey, C. 1990. Systematics of the Cucurbitaceae: an overview. In: Bates, D. M., Robinson, R. W. and Jeffrey, C.(eds.). Biology and utilization of the Cucurbitaceae. Cornell University Press, Ithaca, New York, pp. 3-9.

- Kasrawi, M. A. 1994. Heterosis and reciprocal differences for quantitative traits in summer squash (*Cucurbita pepo* L.). *Journal Genetic and Breeding* 48:399-404.
- Kirkpatrick, K. J. And H. D. Wilson. 1988. Interspecific gene flow in *Cucurbita*: *C. texana* vs *C. pepo*. *American Journal Botanical* 75(4):519-527.
- Krishnamurthy, L. y J. Sahagún C. 1990. El Mejoramiento de los Cultivos Alimenticios: Estrategias de los Centros Internacionales. UACH. México. 79 p.
- Lira S., R. 1995. Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de importancia económica. UNAM. Instituto de Biología. IPGRI. 281 p.
- Mapes, C. 1991. Importancia de la conservación de los recursos genéticos *in situ*. por las comunidades campesinas. *In: Avances del Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México*. Ortega, P.R., Palomino, G.H., Castillo, G.F., González, H.V.A. y Livera, M. M. (Eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética.
- Márquez S., F. 1985. Genotecnia vegetal. Métodos - Teoría - Resultados. Tomo I Ed. AGT EDITOR. México, D. F. 359 p.
- Márquez S., F. y J. Sahagún C. 1994. Estimation of genetic variances with maternal half-sib families. *Maydica* 39: 197-201.
- Maxted, N.; B. V. Ford-Lloyd and J. G. Hawkes. 1997. Plant genetic conservation. The *in situ* approach. Editorial Chapman and Hall. Great Britain. 446 p.
- Molina G., J. D. 1992. Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativa (algunas implicaciones en genotecnia). Ed. AGT EDITOR. México, D. F. 349 p.

- Nyquist, W. E. 1991. Estimation of heritability and prediction of selección response in plant populations. *Critical Reviews in Plant Science* 10 (3): 235-322.
- Ortega P., R., G. Palomino H., F. Castillo G., V. A. González H. y M. Livera M. (eds). 1991. Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. SOMEFI. Chapingo, México. 421 p.
- Paris, H. S. and H. Nerson. 1998. Association of seed size and dimensions with fruit shape in *Cucurbita pepo*. In: McCreight, J. D. (Editor). *Cucurbitaceae'98. Evaluation and enhancement of cucurbit germplasm*. 30 November - 4 December, Pacific Grove, California, USA. pp. 230-234.
- Peña L., A. 1998. Parámetros genéticos, respuesta a la selección y heterosis en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Doctor en Ciencias con Especialidad en Genética. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 151 p.
- Pérez G., M.; F. Márquez S. y A. Peña L. 1997. Mejoramiento Genético de Hortalizas. UACH. 380 p.
- Prance, G.T. 1997. The conservation of botanical diversity. In: Maxted, N., Ford-Lloyd, B. V. and Hawkes, J. G. (Eds.). 1997. *Plant Genetic Conservation*. Chapman and Hall. Great Britain. 446 p.
- Qualset, C. O., A. B. Damania, A. C. A. Zanatta y S. B. Brush. 1997. Locally based crop plant conservation. In: Maxted, N., B. V. Ford-Lloyd and Hawkes (eds.). 1997. *Plant genetic conservation. The in situ approach*. Chapman and Hall. Great Britain. 446 p.
- Ramírez M., L. A. 1994. Efecto del tamaño de fruto y tiempo de almacenamiento en la calidad de semilla de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) vars. Zucchini round y

- Zucchini gray en Chapingo, Méx. Tesis profesional. UACH. Depto. de Fitotecnia. Chapingo, Méx. 75 p.
- Reid, W. And K. Miller. 1989. Keeping options alive: the scientific basis for conserving biodiversity. WRI. Washington, USA. 346 p.
- Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia Básica y Aplicada. Ed. AGT EDITOR. México, D.F. 460 p.
- Reyes T., S. 1976. Estudio de algunos cambios morfológicos y fisiológicos ocurridos bajo domesticación en *Cucurbita* spp. Colegio de Postgraduados. Tesis de Maestría con Especialidad en Genética. ENA. Chapingo, Méx.
- Rhoades, R. E. and V. D. Nazarea. 1999. Local Management of Biodiversity in Traditional Agroecosystems. *In*: Biodiversity in Agroecosystems. Collins, W. W. and C. O. Qualset (eds.). Cap. 12 pag. 215-236. CRC Press LLC. USA.
- Robinson, R. W. and D. S. Decker-Walters. 1997. Cucurbits. CAB International. University Press, Cambridge, UK. 226 p.
- SARH. 1984. La milpa: sistema tradicional para producir maíz asociado con frijol, ib y calabaza en la Península de Yucatán. México, D.F. 67 p.
- Sahagún C., J. 1995a. Estimación de la varianza ambiental intraparcelar en el Diseño I de Carolina del Norte. *Rev. Fitotec. Mex.* 18(2):107-114.
- Sahagún C., J. 1995b. Estimación de la varianza ambiental intraparcelar en el Diseño II de Carolina del Norte. *Rev. Fitotec. Mex.* 18(2):115-122.
- Sahagún C., J. 1996. Estimación de la varianza ambiental intraparcelar en el Diseño III de Carolina del Norte. *Rev. Fitotec. Mex.* 19:1-8.

- Sahagún C., J. 1998. Notas de la catedra "Genética Cuantitativa", ciclo otoño-invierno. Depto. de Fitotecnia. UACH. Chapingo, Méx.
- SAS Institute Inc. 1989. SAS / STAT user's guide. Versión 6.01. SAS Institute Inc., Cary, N. Y., USA. 479 p.
- Searle, S. R. 1971. Topics in variance component estimation. *Biometrics* 27:1-76.
- Unander, D. W. and F. Varela-Ramirez. 1988. Selection of pulp color and tickness in calabaza. *HortScience* 23(4):755-757.
- Valadez, L. A. 1994. Producción de Hortalizas. UTEHA-Noriega Editores. México, D.F. 298 p.
- Vildózola T., J. L. 1998. Caracterización y selección *in situ* de una población de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber *Var. stenoperma*) en Achichipíco, Morelos. Tesis profesional. UACH. Depto. de Fitotecnia. Chapingo, Méx. 62 p.
- Weaver, F.R. and W. P. Hedrick. 1992. Genetics. Ed. WCB. Second Edition. pp 649.
- Whitaker, T. W. 1968. Ecological Aspects of the Cultivated Cucurbita. *HortScience* 3(1):9-11.
- Whitaker, T. W. and W.P. Bemis. 1965. Evolution in the genus Cucurbita. *Evolution* 18: 553-319.
- Whitaker, T.W. and R. W. Robinson. 1986. Squash Breeding Vegetable Crops. Avi Publishing Company Nc. Westport, Connecticut, USA. pp. 209 - 242.

WRI, IUCN, UNEP, WCU. 1990. Gift to the future: Strategy for local, national and international action to save, study and sustainably use the world's biological diversity. Washington, USA. 283 p.

7. ANEXO

Figura 1A. Condiciones climáticas durante el desarrollo del experimento. Chapingo, Méx., 1997.

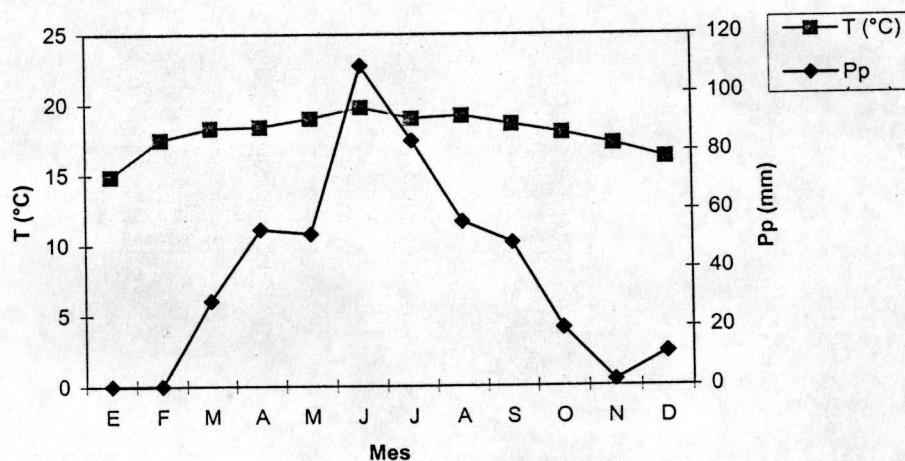


Figura 2A. Condiciones climáticas durante el desarrollo del experimento. Chapingo, Méx., 1998.

