

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

ANÁLISIS DE CRUZAS DIALÉLICAS Y PROGENITORES

PARA RENDIMIENTO Y PRECOCIDAD

EN CALABACITA (*Cucurbita pepo* L.) TIPO ROUND ZUCCHINI

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

EN HORTICULTURA



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA

MARIA VICTORIA SEGURA RAUDA

Chapingo, Estado de México. Febrero de 2008.



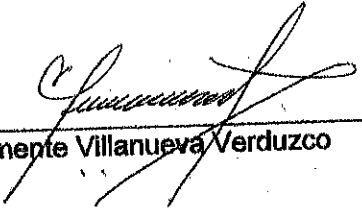
BIBLIOTECA

**ANÁLISIS DE CRUZAS DIALÉLICAS Y PROGENITORES
PARA RENDIMIENTO Y PRECOCIDAD
EN CALABACITA (*Cucurbita pepo* L.) TIPO ROUND ZUCCHINI**

Tesis realizada por **María Victoria Segura Rauda** 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

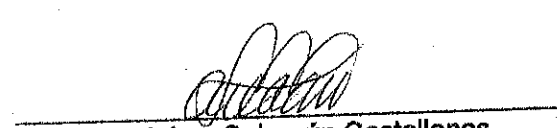
DIRECTOR:


Dr. Clemente Villanueva Verduzco

ASESOR:


Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez

ASESOR:


Dr. Jaime Sahagún Castellanos

ASESOR:


Dr. Juan Martínez Solís

Chapingo, México. Febrero de 2008.

DATOS BIOGRAFICOS

Originaria del municipio de Texcoco, Estado de México, el autor realizó estudios profesionales en la División de Ciencias Económico – Administrativas de la Universidad Autónoma Chapingo durante el periodo 1996-2002, donde obtuvo el título de Licenciado en Comercio Internacional de Productos Agropecuarios en diciembre de 2002.

Durante 2006 y 2007 realizó estudios de posgrado en el Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, con formación enfocada al área de olericultura.

DEDICATORIA

A Dios, por el privilegio de la vida.

A mi Esposo Gustavo, por el amor que nos une.

A mi Hija Erika, por las enseñanzas que me regala día a día.

A mis Padres Jaime y Lourdes, con amor y respeto.

A mis Hermanos: Sofi, Mini, Gaby, Pedro y Lula, por tantos buenos momentos.

*"Es preciso saber lo que se quiere;
cuando se quiere, hay que tener el valor de decirlo,
y cuando se dice, es menester tener el coraje de realizarlo."*

Georges Benjamin Clemenceau

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, mi *Alma Mater*.

Al Instituto de Horticultura, por el valioso legado de generaciones.

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el beneficio otorgado al ser becaria, dentro del programa de formación de científicos y tecnólogos.

Al Doctor Clemente Villanueva Verduzco, por su decidido apoyo y la acertada dirección de esta investigación de tesis.

A los Doctores Juan Enrique Rodríguez Pérez, Jaime Sahagún Castellanos y Juan Martínez Solís por la culminación de este proyecto.

A mi familia, que de forma muy peculiar me incentivan a continuar día a día.

A los señores Maximino Ramírez Ayala y Agustín Carrillo Solano, que en su quehacer diario asistieron al establecimiento, conducción y buen término del proyecto de campo.

A quienes forman parte de una gran familia universitaria, Ángeles, Aurelio, Carlos, Chuy, Alejandra, Lupita, Rocío,...

Al grupo socio institucional de 1º 14, en especial a Amayrani, Daniela, Melissa y Roberto, por las horas dedicadas al proyecto de investigación.

A quienes compartieron las aulas y vivencias en el tiempo transcurrido, en especial a Jasmín, Nidia, Daniela, Marcela y Alonso, grandes amigos.

Sinceramente, Vicky.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	iii
RESUMEN - ABSTRACT	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.2 HIPÓTESIS.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Cruzamientos dialélicos.....	5
2.2 Modelos experimentales.....	6
2.3 Heterosis.....	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 Progenitores	16
3.2 Formación de cruzamientos dialélicos	16
3.3 Evaluación de cruzamientos y progenitores	18
3.4 Análisis genético estadístico	18
3.4.1 Modelo de análisis dialélico.....	18
3.4.2 Diseño experimental	19
3.5 Caracteres evaluados.....	20
3.6 Análisis de varianza.....	21
3.7 Componentes de varianza.....	22
3.7.1 Componentes de varianza genética.....	23
3.8 Análisis de medias de progenitores y cruza.....	25
3.9 Análisis de progenitores	25
3.10 Análisis de cruza.....	26
3.11 Grado promedio de dominancia	26
3.12 Heterosis.....	27

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1 Análisis de varianza.....	30
4.2 Componentes de varianza genética.....	32
4.3 Grado promedio de dominancia	34
4.4 Análisis de medias fenotípicas	35
4.4.1 Medias de progenitores.....	35
4.4.2 Medias de cruzamientos dialélicos.....	36
4.5 Análisis genético estadístico	38
4.5.1 Análisis de progenitores.....	38
4.5.1.1 Efectos de ACG	38
4.5.1.2 Efectos de maternos	42
4.5.1.3 Heterosis media	44
4.5.1.4 Heterosis varietal	45
4.5.2 Análisis de cruas dialélicas.....	48
4.5.2.1 Estructura genética de cruzamientos	48
4.5.2.1.1 Rendimiento y sus componentes	48
4.5.2.1.2 Días a floración masculina y femenina.....	58
4.5.2.2 Heterosis	61
4.5.2.2.1 Heterosis respecto al mejor progenitor	61
4.5.2.2.1.1 Rendimiento de calabacita	61
4.5.2.2.1.2 Días a floración	61
4.5.2.2.2 Heterosis específica	63
5. CONCLUSIONES.....	66
6. LITERATURA CONSULTADA	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini utilizadas como progenitores. Chapingo México, 2006.....	16
Cuadro 2. Estructura del análisis de varianza de cruas dialélicas en el diseño experimental de bloques completos al azar.	22
Cuadro 3. Estimación de componentes de varianza	23
Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza con el método I de Griffing de cruas dialélicas para siete caracteres en siete variedades de calabacita tipo round zucchini. Chapingo, México, 2007.	30
Cuadro 5. Estimaciones de componentes de varianza, heredabilidad, y grado de dominancia para siete caracteres de cruas dialélicas de siete variedades de calabacita tipo round zucchini (Método I de Griffing).	33
Cuadro 6. Comparaciones múltiples de medias para siete caracteres de siete variedades comerciales progenitoras de calabacita tipo round zucchini, progenitoras de cruzamientos dialélicos. Chapingo México, 2007.	35
Cuadro 7. Comparaciones múltiples de medias para siete caracteres de 42 cruzamientos dialélicos de calabacita tipo round zucchini. Chapingo, México, 2007.....	37

Cuadro 8. Comparaciones múltiples de efectos de ACG de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras de cruzamientos dialélicos. Chapingo, México, 2007.	40
Cuadro 9. Análisis de las variedades comerciales progenitoras de calabacita tipo round zucchini según sus efectos de ACG y varianza de ACE en el conjunto de las cruas donde participa. Chapingo, México, 2007.	41
Cuadro 10. Efectos maternos (EM) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras de cruzamientos dialélicos. Chapingo, México, 2007.	43
Cuadro 11. Heterosis varietal (HV) y heterosis media (h) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras de cruzamientos dialélicos. Chapingo, México, 2007.	48
Cuadro 12. Estructura genética y grado promedio de dominancia ($\bar{a}$) de rendimiento en toneladas por hectárea (RPH) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.	52
Cuadro 13. Estructura genética y grado de dominancia promedio ($\bar{a}$) de rendimiento por planta (RPP) en 14 cortes acumulados de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.	53
Cuadro 14. Estructura genética de frutos por planta (FPP) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.	55

Cuadro 15. Estructura genética de ancho de fruto (AF) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.....	56
Cuadro 16. Estructura genética de largo de fruto (LF) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.....	57
Cuadro 17. Estructura genética de días a floración masculina (DFM) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007. .	59
Cuadro 18. Estructura genética de días a floración femenina (DFF) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007. .	60
Cuadro 19. Heterosis con respecto al mejor progenitor (H_{mp}) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.....	62
Cuadro 20. Heterosis específica (S_{ij}) 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.....	64

ANÁLISIS DE CRUZAS DIALÉLICAS Y PROGENITORES PARA RENDIMIENTO Y PRECOCIDAD EN CALABACITA TIPO ROUND ZUCCHINI

ANALYSIS OF DIALLEL CROSSES INCLUDING PARENTS IN RELATION TO YIELD AND EARLINESS IN TYPE ROUND ZUCCHINI SUMMER SQUASH

RESUMEN

Se estudió el rendimiento y la precocidad de 42 cruzamientos (21 directas y 21 recíprocas) y 7 progenitores originales en calabacita tipo round zucchini, aplicando el método I de Griffing, para obtener materiales aprovechables directamente y en un programa de mejoramiento genético. Aparecieron híbridos superiores a los progenitores para rendimiento y precocidad, en aptitud combinatoria general y específica y en efectos maternos y recíprocos. La cruz más rendidora fue 'Edena' x 'Westar' ($68.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) y superó en 107 % a la segunda mejor cruz 'Norton' x 'Itasco' ($32.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) y en 113 % al mejor progenitor 'M+M' ($31.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Las cruces más precoces en floración masculina fueron: 'Caloro' x 'Westar', 'Caloro' x 'M+M', 'Norton' x 'Westar' y 'Norton' x 'Edena', con 55 días cada una; y en floración femenina, fue la cruz 'Caloro' x 'M+M' con 57 días. Los efectos altos y positivos de aptitud combinatoria general y efectos maternos, en la cruz 'Edena' x 'Westar' fueron menores a los de aptitud combinatoria específica, por lo que su uso sólo es posible como híbrido repitiendo la cruz.

PALABRAS CLAVE: *Cucurbita pepo* L., Aptitud Combinatoria General, Aptitud Combinatoria Específica, Efectos Maternos, Efectos Recíprocos, Heterosis.

ABSTRACT

Yield and earliness of diallel crosses (21 direct and 21 reciprocal) and 7 original parents in round-type zucchini summer squash were studied. Griffing's method I was used to obtain materials for direct use and for use in a breeding program. Hybrid those were better than the parents were found for yield and earliness in general and specific combining ability and in maternal and reciprocal effects. The cross that showed the largest yield was 'Edena' x 'Westar' ($68.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) which exceeded in 107 % to the best second cross 'Norton' x 'Itasco' ($32.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) and in 113 % to the best parent 'M+M' ($31.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Crosses with more earliness in male flowering were: 'Caloro' x 'Westar', 'Caloro' x 'M + M', 'Norton' x 'Westar' and 'Norton' x 'Edena', with 55 days each one; and in female flowering was the 'Caloro' x 'M+M' cross, with 57 days. The high and positive effects of general combining ability and maternal effects, in the 'Edena' x 'Westar' cross were lower than specific combining ability and therefore its use only is possible as hybrid repeating with the cross.

KEY WORDS: *Cucurbita pepo* L., General Combining Ability, Specific Combining Ability, Maternal effects, Reciprocal effects, Heterosis.

1. INTRODUCCIÓN

La importancia económica de la calabacita radica en la superficie que se destina para su cultivo, que deriva en una generación de empleos para su óptimo desarrollo. La producción de calabacita se incrementó en un 184 % de 175 mil toneladas en 1980 a 498 mil toneladas en 2006 (cifras preeliminares SIAP, 2007), con rendimientos de $9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ y $13.8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectivamente.

Los principales estados productores de calabacita son Sinaloa (39 %) y Sonora (16 %), que principalmente generaron una cosecha de exportación a los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá. Los estados que cubren la demanda nacional son Puebla (9 %), Morelos (7 %), Jalisco (5 %) y Michoacán (4 %) (SIAP, 2007).

En el proceso de producción de este cultivo, un factor de importancia es el uso de variedades mejoradas. Distintas empresas han desarrollado programas de mejoramiento genético con el fin de obtener variedades con mayor calidad y rendimiento, pero esto encarece la semilla y hace que una práctica común dentro del sistema de producción de calabacita, sea la de reservar semilla de ciclos anteriores para la siguiente siembra después de una selección empírica por parte de los agricultores, que producen para el mercado nacional.

En este contexto cobra importancia el desarrollo de variedades nacionales de calabacita competitivas, problemática que se aborda en un programa de mejoramiento de calabaza en la Universidad Autónoma Chapingo.

1.1 OBJETIVOS

1. Obtener y evaluar los cruzamientos dialélicos posibles entre siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini para detectar híbridos con ventajas agronómicas comparativas con respecto a sus progenitores.
2. Estudiar los componentes genéticos y el comportamiento agronómico de los siete progenitores y estimar los componentes de varianza genética, así como la heterosis y heredabilidad de caracteres de importancia económica.

1.2 HIPÓTESIS

Mediante cruzamientos dialélicos entre variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini, es posible obtener híbridos iguales o superiores a sus variedades progenitoras que puedan derivar en variedades de polinización libre en sus generaciones avanzadas o en nuevos híbridos, competitivos con sus progenitores comerciales.

Las características genéticas de las poblaciones generadas permitirán introducirlas a un programa de mejoramiento genético basado tanto en selección como en hibridación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La base alimentaria en México es por demás conocida. A los mexicanos se les identifica como la cultura del maíz (*Zea mays* L.). Seguido de este cultivo se tiene el frijol (*Phaseolus vulgaris* Mill.), el chile (*Capsicum* sp), la calabaza (*Cucurbita pepo* L.), el amaranto (*Amaranthus* Spp), el nopal (*Opuntia* sp), el jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y el aguacate (*Persea americana* Mill).

La calabaza es uno de los cultivos cuya presencia a lo largo de la historia, los pueblos americanos han convertido no sólo en un alimento tradicional, sino también en un elemento cultural (ASERCA, 1999). El consumo de la calabaza en México es integral, ya que se utilizan flores, frutos (tanto en estado tierno como maduro), las semillas y puntas de guía.

El mejoramiento genético es una de las vías más rápidas y efectivas para alcanzar rendimientos más altos.

El uso de cruzamientos dialélicos en el mejoramiento genético de plantas es un procedimiento estándar, que permite estimar la aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) de varios progenitores y de sus cruza, respectivamente, así como los componentes de variación genética (Martínez, 1983).

2.1 Cruzamientos dialélicos

Se denominan cruzamientos dialélicos a las cruza simples entre los elementos de un conjunto básico de p progenitores (Griffing, 1956b). Su utilidad tiene origen en el desarrollo de los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), introducidos por Sprague y Tatum (1942).

El término ACG se emplea para designar al comportamiento medio de una línea en sus combinaciones híbridas; y el término ACE, para designar los casos en los que ciertas combinaciones se comportan relativamente mejor o peor de lo que podría esperarse, sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas (Sprague y Tatum, 1942).

Los diseños dialélicos pueden ser completos e incompletos. Los diseños completos, comprenden el ensayo de todas las cruza simples que es posible realizar entre p progenitores. Fueron introducidos formalmente por Griffing (1956a y 1956b). No obstante, un tipo particular de esta clase de experimentos ya había sido discutido por Yates (1947).

En plantas de reproducción sexual, es posible efectuar cruza dialélicas que incluyan autofecundaciones, cruza directas y cruza recíprocas. En función de estas, Griffing (1956a y 1956b) propuso cuatro diseños básicos:

Diseño 1. Comprende la evaluación de los p progenitores (autofecundaciones), las $p(p-1)/2$ cruzas directas, y las $p(p-1)/2$ cruzas recíprocas; es decir, las p^2 cruzas dialélicas posibles.

Diseño 2. Incluye el ensayo de los p progenitores (autofecundaciones) y las $p(p-1)/2$ cruzas directas; es decir $p(p+1)/2$ cruzas dialélicas.

Diseño 3. Considera la evaluación de las $p(p-1)/2$ cruzas directas y las $p(p-1)/2$ cruzas recíprocas; es decir, $p(p-1)$ cruzas dialélicas.

Diseño 4. Comprende el ensayo de las $p(p-1)/2$ cruzas directas.

La elección de alguno de estos cuatro diseños depende de las cruzas que se hagan y se incluyan en el experimento. Si se consideran las cruzas directas, es posible elegir a los diseños dos o cuatro de Griffing, dependiendo de la participación o no de los progenitores; en cambio, si se consideran además las cruzas recíprocas, es posible elegir a los diseños uno o tres.

2.2 Modelos experimentales

En el área de los diseños experimentales, los investigadores de acuerdo con los objetivos que persiguen al establecer un determinado experimento, se enfrentan a diversos casos particulares del modelo lineal general. En relación con los efectos diferentes de los términos del error, que forman parte del modelo, se

consideran como de efectos fijos, aleatorios y mixtos (algunos factores son de efectos fijos y otros de efectos aleatorios).

Con respecto a los dos primeros casos, Eisenhart (1947) describió el análisis de varianza bajo dos modelos diferentes, que denominó modelo I y modelo II, respectivamente; este último también llamado modelo de componentes de varianza.

Cuando el modelo es de efectos fijos, un interés primario consiste en la obtención de los mejores predictores lineales e insesgados de funciones lineales paramétricas estimables; en tanto que bajo el modelo de efectos aleatorios, el interés de los investigadores se había centrado en la estimación de los componentes de varianza.

El análisis de los experimentos dialélicos tradicionalmente ha sido conducido desde estos dos puntos de vista. Con el primero se estiman los efectos de aptitud combinatoria general y específica; y con el segundo, los componentes de varianza. Martínez (1983) desarrolló un amplio trabajo relacionado con el diseño y análisis de experimentos de cruas dialélicas.

Debido a la naturaleza aleatoria de los componentes genéticos y ambientales, el modelo asociado a los experimentos de cruas dialélicas en la mayoría de las aplicaciones, no es de efectos fijos; sin embargo, cuando se desea obtener la

estimación de los efectos de ACG y de ACE, esta estimación se efectúa tratando al modelo como de efectos fijos.

Con la estimación de las varianzas de los efectos de ACG y de ACE, se puede llegar a la estimación de las varianzas aditiva y de dominancia (Martínez, 1988b), útiles en la definición de las estrategias de mejoramiento, que se deben seguir en función del tipo de variación genética, y los tipos de acción génica involucrados en cada carácter de cada genotipo evaluado y en la población de referencia.

Cuando los valores de ACG son mayores que los de ACE, son más importantes los efectos aditivos. En caso contrario son más importantes los efectos de dominancia, no aditivos (Peña *et al.*, 1999).

Dos conceptos adicionales a ACG y ACE, son los de efectos maternos (EM) y efectos recíprocos (ER). Se llama efecto materno al comportamiento diferencial que tiene un progenitor cuando se usa como hembra en relación a cuando es usado como macho.

En el modelo I de los diseños dialélicos de Griffing los efectos maternos se estiman como la resta algebraica de los efectos $m_i - m_j$, cuando se invierte el orden de los progenitores de cada cruza en particular; es decir cuando m_i de participar como hembra pasa a m_j como macho. Si el efecto materno de un progenitor es de signo positivo, significa que sus efectos como hembra en una

cruza dada, son mayores que cuando se emplea como macho en la correspondiente craza recíproca; y por lo tanto, se interpreta que dicho progenitor es mejor en su craza directa.

El efecto recíproco, se refiere a los casos de ciertas cruzas de progenitores p , que no se comportan de igual manera al hacer la craza en forma directa $pi \times pj$ que en forma recíproca $pj \times pi$ (Mastache *et al.*, 1999b).

“A pesar del extenso uso que han tenido los diseños de tratamientos de cruzas dialélicas, su análisis suele ser complicado. Existen varios programas de cómputo que tratan algunos aspectos de las cruzas dialélicas, entre los que se encuentran el MSTAT (1986); los desarrollados por Schaffer y Usanis (1989), Burow y Coors (1994), Magari y Kang (1994) y Zhang y Kang (1997); además de los desarrollados por Martínez (1988b, 1988c, 1991) y los desarrollados por Mastache (1998). La característica principal de estos programas, con excepción de los desarrollados por Mastache (1998, 1999a y 1999b), es que la estimación de los efectos se realiza bajo la estructura del modelo de efectos fijos, y la estimación de los componentes de la varianza, en su caso, se hace considerando que el modelo es de efectos aleatorios...” (Montesinos, 2003).

Aunque los programas desarrollados por Mastache (1998, 1999a y 1999b) se basan en el modelo de efectos mixtos, solamente proporcionan los estimadores de la ACG y de EM. Mastache (1998) aplica la técnica de los mejores predictores lineales insesgados (MPLI's) en los diseños dialélicos uno a cuatro,

establecidos en diseños de bloques completos al azar, para obtener los MPLI's empíricos de los efectos de ACG y de EM.

Por su parte Montesinos (2003), completó la metodología y el programa de Mastache (1998), para la obtención de los MPLI's de los efectos de ACE y ER.

Los mejores predictores lineales e insesgados (MPLI's), presentan la característica principal de involucrar los componentes de varianza; y cuando éstos no se conocen, pueden ser sustituidos por sus respectivos estimadores obteniéndose los MPLI's empíricos.

2.3 Heterosis

Márquez (1988) menciona que la hibridación consiste en el aprovechamiento directo de la F_1 de un cruzamiento. La F_1 puede obtenerse por el cruzamiento de cualquier tipo de poblaciones y no necesariamente de líneas puras.

De lo anterior se tiene que las cruzas dialélicas se utilizan también para estudios de heterosis entre poblaciones.

El concepto de heterosis se desarrolló para explicar el rendimiento superior de un híbrido F_1 con respecto a sus progenitores. Fue introducido por Shull en 1914, en sustitución del termino "heterocigosis" que era utilizado anteriormente para explicar el "vigor híbrido" (Shull, 1948). Stern (1948) revolucionó el

término, al considerar que la heterosis podría ser también negativa. Hay casos en que al ser negativa, es agronómicamente útil.

Desde la aparición del concepto, varios han sido los intentos por explicar las causas de la heterosis y los mecanismos por los que actúa.

East (1936) hace una recapitulación de las teorías que hasta esa fecha existían para explicar las causas de la heterosis. Unas desechan a otras, aunque queda la puerta abierta a nuevas explicaciones.

Después de una amplia explicación del concepto, Shull (1948) menciona que la heterosis no es un fenómeno unitario, sino una serie de fenómenos, por lo que no se puede asumir que una causa o mecanismo particular la explique en su totalidad. Así, existen dos enfoques principales en la búsqueda de explicaciones sobre la heterosis, uno busca el tipo de acción génica principal involucrada; y el otro, los mecanismos por los que ocurre en la planta.

Bajo el primer enfoque existen dos hipótesis, la de sobredominancia y la de dominancia. La hipótesis de sobredominancia fue planteada por Shull en 1908 y sugiere que hay un estímulo fisiológico del desarrollo que aumenta con la diversidad de los gametos que se unen para formar el híbrido, ya que cada gen en un *locus* determinado desempeña una función diferente (Hallauer, 1976). Esto significa que el heterocigoto es superior a cualquiera de los dos

homocigotos y que el vigor híbrido aumenta en proporción directa a la cantidad de heterocigosis.

A la hipótesis de sobredominancia se le conoce también como de acción acumulativa de alelos divergentes, estimulación por heterocigosis o heterosis del gen simple (Márquez, 1988).

La hipótesis de dominancia fue propuesta por Davenport en 1908, Bruce en 1910, y Keeble y Pelow en 1910. Explica tanto la depresión endogámica producida por el apareamiento entre individuos emparentados, como el fenómeno inverso del vigor híbrido. Establece que el grado de heterosis depende del número de *loci* en condición dominante. Se basa en el hecho frecuentemente observado por los genetistas y genotecnistas en los efectos perjudiciales que los genes recesivos tienen sobre los fenotipos (o en forma opuesta, los efectos benéficos de los genes dominantes) (Hallauer, 1976; Márquez, 1988).

Aunque los mecanismos de la heterosis no han sido clarificados aún, sí se han desarrollado metodologías para estimar y aprovechar sus efectos.

Gardner y Eberhart (1966) y Gardner (1967) proponen un modelo en el que consideran los efectos de cada progenitor y los efectos de la heterosis por separado. Estos autores dividieron en tres a los efectos de la heterosis:

- a) **Heterosis media ($\bar{h}$)**. Medida como la diferencia entre el promedio de los progenitores y el promedio de las cruzas.
- b) **Heterosis varietal (h_i, h_j)**. Es la heterosis de un progenitor en sus correspondientes cruzas con respecto a la diferencia de la media del progenitor menos la media de todos los progenitores.
- c) **Heterosis específica (S_{ij})**. Es la heterosis neta generada por cada craza particular de progenitores, con respecto a la heterosis media ($\bar{h}$) y a las heterosis varietales (h_i y h_j).

Gardner y Eberhart (1966) y Gardner (1967), proponen un modelo en el que se considera que los efectos de heterosis son estimados con respecto al progenitor medio, lo cual tiene sentido genético, aunque el mejorador estará más interesado en estimar heterosis con respecto al mejor progenitor, puesto que ésta sirve como un indicador de la efectividad de la hibridación en el proceso de mejoramiento, o con respecto a la variedades originales de procedencia de los progenitores.

En algunas especies como maíz, ciertas cruzas entre híbridos comerciales se han recomendado para ser utilizadas a nivel comercial, inclusive algunos de estos híbridos se proponen como una posibilidad de ser explotados como una población base para selección (Villanueva *et al.*, 1994).

Las cruzas dobles, en comparación con las cruzas simples, reducen la depresión endogámica de sus generaciones avanzadas y aumentan la calidad física y el rendimiento de semilla híbrida; sin embargo, el uso directo de generaciones avanzadas de híbridos, se asocia con una reducción de rendimiento (Villanueva *et al.*, 1994; Sahagún y Villanueva, 2003).

Sahagún y Villanueva (1997) consideraron la posibilidad de formar variedades sintéticas cuyos progenitores sean híbridos de crusa simple o híbridos de crusa doble, para lo cual desarrollaron métodos para estimar el coeficiente de endogamia y predecir el rendimiento en cada caso.

Ruiz *et al.* (2004), reportaron la existencia de varianza genética aditiva menor que varianza genética de dominancia para los caracteres que estudiaron (peso de fruto, kg; frutos por planta y rendimiento, t·ha⁻¹) en cruzamientos dialélicos en siete variedades de calabaza (*Cucurbita moschata* Duch), incluyendo progenitores.

Martínez (2004), encontró diferencias estadísticas significativas en aptitud combinatoria general en cinco de los seis caracteres estudiados en jitomate, y para aptitud combinatoria específica en cinco caracteres. Mediante el análisis de heterosis pudo detectar los híbridos apropiados para un programa de

mejoramiento genético por selección e hibridación, sólo selección ó sólo hibridación, en cruzamientos dialélicos de cinco híbridos de jitomate.

Magaña (2006), mediante el análisis de cruza dialélicas del método I de Griffing, reportó diferencias estadísticas significativas entre cruzamientos dialélicos de siete híbridos de jitomate en cuatro de los nueve caracteres que estudió. En cuanto a los resultados que reportó en el estudio de heterosis, menciona que es válido el uso de la segunda generación filial de variedades comerciales de jitomate, opción factible para reducir costos por concepto de semilla, aún cuando en algunos casos aumenta la heterogeneidad en tamaño y número de frutos. En donde pudo detectar variedades para su uso en programas de mejoramiento genético por selección, y otras en programas de mejoramiento genético por hibridación.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Progenitores

Se utilizaron siete variedades comerciales (Cuadro 1) de calabacita tipo round zucchini para realizar los cruzamientos directos y recíprocos que permitieran su evaluación bajo el método I de Griffing (1956a), al incluir los progenitores.

Cuadro 1. Variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini utilizadas como progenitores. Chapingo México. 2006.

PROGENITOR	CASA COMERCIAL	ORIGEN
1	Caloro	California, 2003.
2	Select Hollard Seeds	Colorado, 1996.
3	Norton Seed	California, 2004.
4	Itsco; Lone Star Seed	Texas, 2006.
5	Westar Seeds Int'l	California, 2003.
6	M+M Seeds	California, 2004.
7	Edena Seeds	California, 2004.

3.2 Formación de cruzamientos dialélicos

Las siete variedades comerciales de calabacita round zucchini utilizados como progenitores se establecieron en el año 2006, en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, para la obtención de cruzamientos dialélicos directos y recíprocos posibles.

Cada progenitor fue sembrado en una parcela de 12 surcos de 5 m de largo, espaciados a 80 cm y plantas a 20 cm de distancia (300 plantas por parcela), equivalente a una densidad de 62,500 plantas por hectárea.

Se realizaron las $[p(p-1)] / 2$ cruzas directas y $[p(p-1)] / 2$ cruzas recíprocas. En cada crusa se utilizaron al menos 25 plantas de cada progenitor de las que se lograron al menos 20 frutos de cada crusa.

El lote de polinizaciones se sembró en forma directa (21 de abril de 2006); con fórmula de fertilización de 120-80-00 (todo el fósforo y la mitad del nitrógeno en la siembra y el resto del nitrógeno en el aporque), con la aplicación de riegos cada 10 días a partir de la siembra.

Los cruzamientos dialélicos se realizaron entre el 18 de junio y el 2 de julio; la cosecha de frutos maduros procedentes de las cruzas se realizó entre el 1 y el 3 de septiembre; la postmaduración de frutos cosechados durante 15 días, y la extracción de la semilla en octubre de 2006.

La semilla fue secada al sol hasta un 14 % de humedad, previo a su almacenamiento bajo sombra en una bodega, en Chapingo, México.

3.3 Evaluación de cruzamientos y progenitores

Las cruza dialélicas (21 cruzamientos directos, 21 cruzamientos recíprocos así como las 7 variedades comerciales progenitoras) constituyeron el diseño I de Griffing (1956b), con $p^2 = 49$ tratamientos de evaluación.

La siembra se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, el 17 de marzo de 2007, en una superficie de 3,132 m².

3.4 Análisis genético estadístico

3.4.1 Modelo de análisis dialélico

Para la interpretación de los experimentos, cuando ésta se basa en el examen de medias por cruza, Griffing (1956a y 1956b) estableció el modelo lineal de análisis en el método I de cruzamientos en algún diseño experimental, el cual es:

$$y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + m_i - m_j + r_{ij} + e_{ij}$$

Donde,

i = i - ésimo progenitor femenino

j = j - ésimo progenitor masculino

y_{ij} = Valor promedio observado de la cruza ij

μ = Efecto común a todas las observaciones

g_i = Efecto de la aptitud combinatoria general (ACG) del progenitor i ($i=1,2,\dots,p$)

g_j = Efecto de la aptitud combinatoria general (ACG) del progenitor j ($j=1,2,\dots,p$)

s_{ij} = Efecto de la aptitud combinatoria específica (ACE) de la cruza entre los progenitores i y j , con $s_{ij} = s_{ji}$

m_i = Efecto materno (EM) del progenitor i

m_j = Efecto materno (EM) del progenitor j

r_{ij} = Efecto recíproco asociado con las cruzas de los progenitores i y j,

tal que $r_{ij} = -r_{ji}$

e_{ij} = Efecto aleatorio del error correspondiente a la observación ij

En la interpretación de los resultados de experimentos de cruzas dialélicas de Griffing (1956b), con el modelo arriba indicado, es necesario considerar que $S_{ij} = S_{ji}$ y que $r_{ij} = -r_{ji}$. Por convención, cuando se está interesado en estimar efectos maternos; es decir, cuando al considerar que la craza ij, siendo i el progenitor femenino y j el progenitor masculino, produce efectos diferentes que la craza ji, la craza recíproca de la primera; de emplear al primer índice para designar al progenitor femenino y el segundo, para el progenitor masculino (Martínez, 1983).

3.4.2 Diseño experimental

El experimento de evaluación de las $p^2 = 49$ cruzas dialélicas, se realizó bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de dos surcos de 5 metros espaciados a 80 cm, con una distancia entre plantas de 20 cm dentro del surco (62,500 plantas ha^{-1}).

Al evaluar las 49 cruzas del método I de Griffing en un diseño de bloques completos al azar, al modelo de Griffing se le agrega el efecto de bloques (β_k); por lo que el modelo queda definido por:

$$y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + m_i - m_j + r_{ij} + \beta_k + e_{ijk}$$

donde, los únicos componentes que cambian en este modelo bajo el diseño experimental de bloques completos al azar, respecto al modelo antes referido, son:

y_{ijk} = Valor observado de la cruza ij , en el bloque k

β_k = Efecto del k -ésimo bloque

e_{ijk} = Error asociado a la unidad experimental ijk

Sin pérdida de generalidad, si sólo se consideran las medias de las cruzas y se elimina el efecto de bloques, dado que éste es ortogonal con las cruzas (Montesinos *et al*, 2006), la representación del modelo se reduce a:

$$\bar{y}_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + m_i - m_j + r_{ij} + \bar{e}_{ij} \quad \text{con } \sigma_{\bar{e}_{ij}}^2 = \sigma_e^2 / r$$

El experimento de evaluación se sembró en forma directa (17 de marzo de 2007); con fórmula de fertilización de 120-80-00 (todo el fósforo y la mitad del nitrógeno en la siembra y el resto del nitrógeno en el aporque); con aplicación de riegos cada 10 días, a partir de la siembra. La cosecha de fruto tierno fue de 14 cortes que se realizó del 15 de mayo al 13 de junio de 2007.

3.5 Caracteres evaluados

Rendimiento por hectárea (RPH; t·ha⁻¹). Se obtuvo el peso de frutos de todos los cortes de calabacita realizados y se expresó en t·ha⁻¹, al considerar una densidad de población de 62,500 plantas por hectárea.

Rendimiento por planta (RPP; g). Se registró como el rendimiento total acumulado por parcela en 14 cortes realizados, dividido entre el número de plantas por parcela.

Número de frutos por planta (FPP). Total de frutos cosechados por parcela acumulados en 14 cortes, dividido entre el número de plantas por parcela.

Ancho y largo de fruto (AF, LF; cm). Promedio, en centímetros, del ancho y del largo de cinco frutos elegidos en forma aleatoria en el corte trece.

Días a floración femenina (DFF). Número de días acumulados a partir del primer riego hasta que el 50 % de las plantas de la parcela experimental habían abierto su primera flor femenina.

Días a floración masculina (DFM). Número de días acumulados a partir del primer riego hasta que el 50 % de las plantas de la parcela experimental habían llegado a antesis en su primer flor masculina.

3.6 Análisis de varianza

El análisis de varianza de las 42 cruzas y siete progenitores del modelo I de Griffing en el diseño de bloques completos al azar se realizó con base en el Cuadro 2 (Martínez, 1983).

Mediante un algoritmo computacional, en el programa Statistical Analysis System, desarrollado por Mastache (1998) y Montesinos *et al* (2006) (ANEXO 1), se obtuvieron los mejores predictores lineales e insesgados (MPLI's) de aptitud combinatoria general (ACG), aptitud combinatoria específica (ACE), efectos maternos (EM) y efectos recíprocos (ER).

Cuadro 2. Estructura del análisis de varianza de cruzas dialélicas en el diseño experimental de bloques completos al azar.

FV	gl	SUMA DE CUADRADOS
Bloque	$r-1$	$\sum_k [Y^2 \dots_k / p^2] - [Y^2 \dots / rp^2]$
Cruzas	$p^2 - 1$	$\sum_i [Y^2_{ii} / r] + \sum_{i \neq j} (Y^2_{ij} / r) - (Y^2 \dots / rp^2)$
ACG	$p - 1$	$\sum_i [G_i^2 / 2rp] - [2Y^2 \dots / rp^2]$
ACE	$p(p-1)/2$	$\sum_i \sum_j [(Y_{ij} + Y_{ji})^2 / 2r] - [Y^2 \dots / rp^2]; i \leq j$
EM	$p - 1$	$\sum_i \{ \sum_j (Y_{ij} - Y_{ji}) \}^2 / 2rp$
ER	$(p-1)(p-2)/2$	$\sum_i \sum_j [(Y_{ij} - Y_{ji})^2 / 2r] - SC(EM) ; i < j$
ERROR	$(r-1)(p^2-1)$	Por diferencia
TOTAL	rp^2-1	$\sum_i \sum_j \sum_k Y^2_{ijk} - (Y^2 \dots / rp^2)$

$Y_{\dots k}$ = Total para el bloque completo k ; $G_{ij} = Y_{ij} + Y_{ji} = G_{ji}$; $G_i = \sum_j G_{ij}$.

3.7 Componentes de varianza

Los cálculos para la población de referencia (la recombinación de siete progenitores, 21 cruzas directas y 21 cruzas recíprocas), de los estimadores de los componentes de varianza, obtenidos a través del método de análisis de varianza (correspondientes al Cuadro 2) para el diseño I de Griffing, de acuerdo con Martínez (1983), se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Estimación de componentes de varianza.

FV	gl	CM	Estimadores de componentes de varianza
Bloque	r-1		
Cruzas	p ² - 1		
ACG	p - 1	CM _{ACG}	$\frac{1}{2rp} \left[CM_{ACG} - \frac{p(p-1)}{p(p-1)+1} (CM_{ACE} - CM_E) \right]$
ACE	p (p - 1) / 2	CM _{ACE}	$\frac{p^2}{2r [p(p-1) + 1]} [CM_{ACE} - CM_E]$
EM	p - 1	CM _{EM}	$(CM_{EM} - CM_E) / 2rp$
ER	(p - 1) (p - 2) / 2	CM _{ER}	$(CM_{ER} - CM_E) / 2r$
ERROR	(r - 1) (p ² - 1)	CM _E	CM _E
TOTAL	r p ² - 1		

3.7.1 Componentes de varianza genética

Los componentes de varianza de aptitud combinatoria general (σ_g^2) y de aptitud combinatoria específica (σ_s^2) del modelo I de Griffing, de la población de referencia como factores de efectos aleatorios, tienen las siguientes equivalencias en términos de covarianza [Cov] de familias de medios hermanos (MH) y hermanos completos (HC) (Cockerham, 1954 y Kempthorne, 1957):

$$\sigma_g^2 = \text{Cov MH}$$

$$\sigma_s^2 = \text{Cov HC} - 2 \text{Cov MH}$$

Lo anterior, tiene a su vez las siguientes equivalencias en términos de varianza genética aditiva (σ_A^2) y varianza genética de dominancia (σ_D^2):

$$\text{Cov MH} = ((1 + F) / 4) \sigma_A^2$$

$$\text{Cov HC} = ((1 + F) / 2) \sigma_A^2 + ((1 + F) / 2)^2 \sigma_D^2$$

donde F: Coeficiente de endogamia

y bajo endogamia completa F = 1

$$\text{Cov MH} = 1 / 2 \sigma_A^2$$

$$\text{Cov HC} = \sigma_A^2 + \sigma_D^2$$

NOTA: En esta investigación en particular, se asumió F = 1 dado que las variedades de calabacita tipo round zucchini usadas como progenitoras son líneas autofecundadas (al menos S₃) (Comunicación personal Villanueva, 2007¹).

por lo que finalmente, los componentes de varianza en términos de varianzas genéticas, son:

$$\sigma_g^2 = \text{Cov MH}$$

$$= 1/2 \sigma_A^2$$

$$\sigma_A^2 = 2 \sigma_g^2 = 2 \sigma_{ACG}^2$$

$$\sigma_s^2 = \text{Cov HC} - 2 \text{Cov MH}$$

$$= \sigma_A^2 + \sigma_D^2 - 2 (1 / 2 \sigma_A^2)$$

$$\sigma_D^2 = \sigma_s^2 = \sigma_{ACE}^2$$

La varianza fenotípica (σ_P^2) se determina por:

$$\sigma_P^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2 = 2\sigma_g^2 + \sigma_s^2 + \sigma_E^2$$

donde: σ_E^2 = varianza del error.

La heredabilidad en sentido amplio, es la proporción de la varianza fenotípica total que es debida a causas genéticas; en otras palabras, la heredabilidad mide la importancia relativa de la varianza genética como determinante de la varianza fenotípica; y en sentido amplio es representada por H^2 , en donde:

$$H^2 = \sigma_g^2 / \sigma_p^2$$

La heredabilidad en sentido restringido (h^2), que mide la proporción de la varianza fenotípica total que está determinada por la varianza genética aditiva, es expresada como:

$$h^2 = \sigma_A^2 / \sigma_p^2$$

3.8 Análisis de medias de progenitores y cruzas

Se realizaron comparaciones múltiples de medias mediante la prueba de Tukey ($p = 0.05$), tanto para progenitores como para cruzas.

3.9 Análisis de progenitores

Se estableció en función del diseño I de Griffing (1956a) de acuerdo a los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG) y efectos maternos (EM). Se realizó una prueba de comparación de medias para aptitud combinatoria general (ACG) de progenitores. Se calculó la varianza de los efectos de aptitud combinatoria específica (σ_{ACE}^2) de las cruzas que se realizaron, analizados conjuntamente con sus efectos de ACG.

3.10 Análisis de cruzas

La estructura genética de las cruzas se analizó con los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), los efectos maternos (EM) y efectos recíprocos (ER). En donde la $ACG = g_i + g_j$, es la suma de los efectos de los progenitores femenino y masculino respectivamente, y EM se toma como $EM = m_i - m_j$, la diferencia de efectos maternos de los progenitores i y j, respectivamente.

3.11 Grado promedio de dominancia

El grado promedio de dominancia ($\bar{a}$) se estimó de acuerdo con la fórmula de Comstock y Robinson (1952), bajo los supuestos de $p = q = 0.5$ (ya que los progenitores son líneas endogámicas) y equilibrio de ligamento,

$$\bar{a} = (2 \sigma_D^2 / \sigma_A^2)^{1/2}$$

donde:

σ_D^2 = varianza de dominancia

σ_A^2 = varianza aditiva

La interpretación de $\bar{a}$ (Molina, 1992), según los tipos de acción génica, es:

$\bar{a} = 0$, aditividad;

$0 < \bar{a} < 1$, dominancia parcial;

$\bar{a} = 1$, dominancia completa, y

$\bar{a} > 1$, sobredominancia.

3.12 Heterosis

La heterosis se calculó con base en el siguiente modelo de Gardner y Eberhart (1966):

$$Y_{ij} = \mu_v + \frac{1}{2} (V_i + V_j) + \theta h_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Media de un progenitor cuando $i = j$ y de una craza cuando $i \neq j$

μ_v = Media de los progenitores, $\mu_v = \bar{Y}$; $i=j$

V_i = efecto varietal del i - ésimo progenitor

V_j = efecto varietal del j - ésimo progenitor

θ = Coeficiente; $\theta = 0$ cuando $i = j$; $\theta = 1$ cuando $i \neq j$

h_{ij} = Efecto de heterosis de la craza entre los progenitores i y j

El efecto de la heterosis (h_{ij}), se calcula como:

$$h_{ij} = \bar{h} + h_i + h_j + s_{ij}$$

donde:

h_{ij} = Efecto de heterosis de la craza entre los progenitores i y j

$\bar{h}$ = Heterosis media

h_i = Heterosis varietal del progenitor i

h_j = Heterosis varietal del progenitor j

s_{ij} = Heterosis específica en cada cruzamiento de los progenitores i y j

Los componentes de heterosis (h_{ij}) tienen las siguientes fórmulas de heterosis media y heterosis varietal:

a) Heterosis media ($\bar{h}$)

$$\bar{h} = \bar{Y}_H - \bar{Y}_V$$

donde:

$\bar{Y}_H$ = Media de todas las cruzas realizadas

$\bar{Y}_V$ = Media de todos los progenitores

b) Heterosis varietal (h_i):

$$h_i = \left[\frac{p-1}{p-2} \right] [\bar{Y}_i - \bar{Y}_H] - \left[\frac{Y_i - \bar{Y}_V}{2} \right]$$

donde:

p = Número de progenitores

$\bar{Y}_i$ = Media de las cruzas en que interviene el progenitor i

$\bar{Y}_H$ = Media de todas las cruzas realizadas

Y_i = Media del progenitor i

$\bar{Y}_V$ = Media de los progenitores

El primer componente de la ecuación de la heterosis varietal (h_i) corresponde al efecto de las cruzas donde participa la variedad i . En tanto que el segundo corresponde el efecto promedio de la variedad i .

Por lo que la heterosis varietal, es la heterosis del efecto de las cruzas de una variedad i con respecto al efecto promedio de dicha variedad.

c) Heterosis respecto al mejor progenitor (H_{mp}), se define como:

$$H_{mp} = Y_i - Y_{mp}$$

Y_i = Media del progenitor i

Y_{mp} = Media del mejor progenitor de la cruce $i \times j$

d) Heterosis específica de cruza entre los progenitores i j (S_{ij})

$$S_{ij} = h_{ij} - \bar{h} - h_i - h_j$$

donde:

h_{ij} = Heterosis con respecto al progenitor medio de cada cruce ij

$\bar{h}$ = Heterosis media

h_i = Heterosis varietal del i-ésimo progenitor (cuando participa como hembra)

h_j = Heterosis varietal del j-ésimo progenitor (cuando participa como macho)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de varianza

Se detectaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) entre cruzamientos dialélicos en todos los caracteres medidos, lo que indica variación fenotípica entre los cruzamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza con el método I de Griffing de cruas dialélicas para siete caracteres en siete variedades de calabacita tipo round zucchini. Chapingo, México, 2007.

Fuentes de Variación	GL	Cuadrados Medios						
		RPH	RPP	FPP	AF	LF	DFM	DFF
REP	3	112.43	28.79	0.21	0.04	0.04	24.86	27.36
CRUZAS	48	176.06 **	45.07 **	3.23 **	0.23 **	0.13 **	56.10**	58.84**
ACG	6	148.87	38.13	3.90	0.23	0.11	116.54**	114.44**
ACE	21	169.50 **	43.39 **	2.96 **	0.20 **	0.17 **	31.07**	33.71**
EM	6	141.82	36.31	2.79	0.44	0.06	179.81**	196.40**
ER	15	209.83 **	53.72 **	3.51 **	0.19 **	0.12 *	17.46**	16.76**
ERROR	144	13.73	3.52	0.37	0.07	0.06	5.46	5.78
TOTAL	195							
MEDIA		27.54	0.44	3.70	5.71	5.35	59.88	62.45
CV (%)		13.45	0.01	16.39	4.63	4.59	3.90	3.84

GL: grados de libertad; REP: Repetición; ACG: aptitud combinatoria general; ACE: aptitud combinatoria específica; EM: efectos maternos; ER: efectos recíprocos; CV: coeficiente de variación; RPH: rendimiento ($t\text{-ha}^{-1}$); RPP: rendimiento por planta por corte, de un total de 14 cortes(g); FPP: frutos por planta; AF: ancho de fruto (cm); LF: largo de fruto (cm); DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina; **: significancia a una $p \leq 0.01$; *significancia con $p \leq 0.05$.

Con respecto a ACG, sólo hubo diferencias ($p \leq 0.01$) en los caracteres de días a floración masculina y femenina, en tanto que los efectos de ACE fueron

significativos ($p \leq 0.01$) en los siete caracteres evaluados, lo que indica que hay diferencias genéticas entre los cruzamientos evaluados (Cuadro 4).

Los resultados anteriores (ACG), indican que en la población de referencia (la recombinación de las 21 cruzas directas, 21 cruzas recíprocas y las siete variedades comerciales usadas como progenitores) para rendimiento no contiene variación genética aditiva; en tanto que, sí contiene variación genética de dominancia (al existir diferencias altamente significativas en ACE). Este hecho pudo originarse en que los progenitores fueron desarrollados por diferentes compañías, y al proceder de diferentes poblaciones distantes, la divergencia genética favorece a la variación genética de dominancia.

Resultados similares en cuanto a rendimiento y número de frutos han sido reportados por Ruiz (2004), en la evaluación de calabaza, quien no encontró diferencias significativas en los efectos de aptitud combinatoria general, en tanto que para el carácter peso de fruto estos efectos fueron significativos.

La ausencia de diferencias estadísticas de ACG (Cuadro 4) para rendimiento como indicadora directa de la varianza genética aditiva, significa que la población de referencia no puede ser mejorada mediante métodos de selección, o bien la respuesta de selección por ciclo sería muy baja. En cambio, al haber efectos de ACE (Cuadro 4) significativos ($p \leq 0.01$) se abre la posibilidad de mejorar dicha población mediante de métodos de hibridación y vía variedades

sintéticas. Lo anterior es confirmado por los valores de heredabilidad, que son bajos e incluso iguales a cero (Cuadro 5).

Los efectos maternos (EM) solo resultaron significativos ($p \leq 0.01$) entre cruzas, en los caracteres de días a floración masculina y femenina, lo que indica que estos caracteres pueden depender, al menos en parte, de genes localizados en el citoplasma, por lo que los efectos de la hembra en dicha craza son mayores a sus efectos del macho. Caso contrario resultó en los efectos recíprocos (ER) en donde existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre cruzas en los siete caracteres estudiados (Cuadro 4). Resultado indicativo de que hay cruzas en las que los progenitores no se comportan de igual manera en la craza directa que en la craza recíproca.

4.2 Componentes de varianza genética

No se encontró varianza genética aditiva en la población de referencia (la recombinación de las 21 cruzas directas, 21 cruzas recíprocas y las siete variedades progenitoras) en los caracteres de rendimiento por planta (RPP), ni para longitud de fruto (LF). En tanto que en los caracteres de fruto por planta (FPP), ancho de fruto (AF) y días a floración masculina y femenina (DFM y DFF), las varianzas genéticas aditivas fueron: FPP: 0.03602, AF: 0.00102, DFM: 3.0738 y DFF: 2.90618, (Cuadro 5).

Las estimaciones de heredabilidad en sentido restringido, de días a floración masculina (0.1578) y femenina (0.1421), fueron mayores que las observadas en frutos por planta (0.0309) y ancho de fruto (0.009) (Cuadro 5), lo que implica que la precocidad tiene mayores posibilidades de mejorarse mediante métodos basados en selección que frutos por planta y ancho de fruto.

La varianza aditiva fue cero en rendimiento (RPP y RPH); situación que es consistente con la ausencia de efectos de ACG (Cuadro 5).

Cuadro 5. Estimaciones de componentes de varianza, heredabilidad, y grado de dominancia para siete caracteres de cruas dialélicas de siete variedades de calabacita tipo round zucchini (Método I de Griffing).

	RPH	RPP	FPP	AF	LF	DFM	DFF
σ^2_{ACG}	0	0	0.0180	0.0005	0	1.5369	1.4530
σ^2_{ACE}	22.1874	5.67961	0.3685	0.0188	0.0151	3.6487	3.9793
σ^2_{EM}	0	0	0	0.0044	0	2.8991	3.2078
σ^2_{ER}	24.5117	6.27545	0.3923	0.0148	0.0069	1.5002	1.3732
σ^2_e	13.7342	3.51581	0.3682	0.0699	0.0602	5.4578	5.7772
σ^2_A	0	0	0.0360	0.0010	0	3.0738	2.9061
σ^2_D	22.1874	5.67961	0.3685	0.0188	0.0151	3.6487	3.9793
h^2	0	0	0.0309	0.0090	0	0.1578	0.1421
σ^2_A / σ^2_D	0	0	0.0977	0.0540	0	0.8424	0.7303
$\bar{a}$			4.5236	6.0828		1.5408	1.6549

σ^2_{ACG} : estimación de varianza de aptitud combinatoria general; σ^2_{ACE} : estimación de varianza de aptitud combinatoria específica; σ^2_{EM} : estimación de varianza de efectos maternos; σ^2_{ER} : estimación de varianza de efectos recíprocos; σ^2_e : estimación de varianza del error; σ^2_A : varianza aditiva ($\sigma^2_A = 2 \sigma^2_{ACG}$); σ^2_D : varianza de dominancia ($\sigma^2_D = \sigma^2_{ACE}$); h^2 : heredabilidad en sentido restringido; $\bar{a}$: grado promedio de dominancia. RPH: rendimiento por hectárea (t); RPP: rendimiento por planta (kg); FPP: frutos por planta; AF: ancho de fruto (cm); LF: largo de fruto (cm); DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina.

4.3 Grado promedio de dominancia

El grado promedio de dominancia, indicó sobredominancia en los caracteres frutos por planta, días a floración masculina y femenina, y en ancho de fruto, que permiten considerar que el método de mejoramiento, para éstos caracteres debe ser por hibridación, ya que teóricamente la F_1 superará significativamente al genotipo homocigoto dominante. Este resultado, también es consistente con la ausencia de σ_A^2 y σ_{ACG}^2 (Cuadro 5).

La sobredominancia encontrada en los caracteres frutos por planta, días a floración masculina y femenina y en ancho de fruto, es compatible con la ausencia de variación genética aditiva de la población de referencia. En consecuencia, el mejoramiento genético adecuado en rendimiento y precocidad (en la población de referencia, población obtenida al recombinar entre si a todos los cruzamientos dialélicos, incluidos los siete progenitores), debe ser realizado mediante métodos de hibridación con altas posibilidades de obtener híbridos altamente heteróticos.

4.4 Análisis de medias fenotípicas

4.4.1 Medias de progenitores

La variedad 'M+M' fue numéricamente la más rendidora por planta y por hectárea (509 g·planta⁻¹ y 31.9 t·ha⁻¹, respectivamente); aunque ésta y el resto de las variedades no difirieron estadísticamente entre si ($p \leq 0.05$, Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparaciones múltiples de medias para siete caracteres de siete variedades comerciales progenitoras de calabacita tipo round zucchini, progenitoras de cruzamientos dialélicos. Chapingo México, 2007.

PROGENITOR	RPH t·ha ⁻¹	RPP g·planta ⁻¹	FPP	AF cm	LF cm	DFM días	DFF días
Caloro	27.7 a ¹	442 a	3.9 a	5.5 a	5.3 a	58 bc	60 b
Select Holland	24.7 a	395 a	3.3 a	5.5 a	5.1 a	64 ab	67 a
Norton	28.5 a	455 a	4.1 a	5.5 a	5.4 a	55 c	58 b
Itsco	26.1 a	417 a	3.7 a	5.8 a	5.7 a	58 bc	60 b
Westar	22.5 a	360 a	3.3 a	5.5 a	5.1 a	57 c	59 b
M+M	31.9 a	509 a	3.9 a	5.4 a	5.1 a	65 a	67 a
Edena	27.0 a	432 a	3.8 a	5.7 a	5.5 a	56 c	59 b
DMSH	10.6	170	1.7	0.7	0.7	6.7	6.9

RPH: rendimiento por hectárea (ton); RPP rendimiento promedio por planta por corte en de 14 cortes totales (g); FPP: frutos por planta; AF: ancho de fruto (cm); LF: largo de fruto (cm); DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina; ¹Medias con la misma letra dentro columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

Los progenitores mas tardíos ($p \leq 0.05$) fueron 'Select Holland' (64 DFM y 67 DFF) y 'M+M' (65 DFM Y 67 DFF). El resto de los progenitores fueron estadísticamente más precoces (floración masculina menor a 58 días y floración femenina menor a 60 días), de los cuales la variedad 'Norton' fue numéricamente la más precoz con 55 días a floración masculina y 58 días a floración femenina (Cuadro 6).

La variedad que presentó el fruto numéricamente más largo y más ancho fue 'Itsco' (5.7 y 5.8 cm) pero su superioridad no fue estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) (Cuadro 6).

4.4.2 Medias de cruzamientos dialélicos

La cruza 'Edena' x 'Westar' (7x5), fue la más rendidora por planta y por hectárea ($p \leq 0.05$) (RPP: 1092 g-planta⁻¹ y RPH: 68.2 t·ha⁻¹); mientras que la de menor rendimiento numérico fue la cruza 'M+M' x 'Itsco' (6x3) (328g-planta⁻¹; 20.5 t·ha⁻¹).

El componente del rendimiento por planta y por hectárea de calabacita que mas contribuyó a la notable superioridad de 'Edena' x 'Westar' fue el numero de frutos por planta (9.2 frutos). En tanto la cruza 'M+M' x 'Select Hollard' (6x2) fue la que produjo el menor número de frutos por planta (2.8) (Cuadro 7).

Las cruzas 'Caloro' x 'Westar' (1x5), 'Caloro' x 'M+M' (1x6), 'Norton' x 'Westar' (3x5) y 'Norton' x 'Edena' (3x7) fueron las más precoces en de floración masculina (55 días), y la cruza 'Caloro' x 'M+M' (1x6) en floración femenina (57 días) (Cuadro 7).

La cruza con fruto más largo ($p \leq 0.05$) fue 'M+M' x 'Westar' (6x5; 5.9 cm), en tanto que 'Select Hollard' x 'Norton' (2x3) fue la de fruto mas grueso (ancho; 6.8 cm, Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparaciones múltiples de medias para siete caracteres de 42 cruzamientos dialélicos de calabacita tipo round zucchini. Chapingo, México, 2007.

i	j	RPH t.ha ⁻¹	RPP g.planta ⁻¹	FPP	AF cm	LF cm	DFM días	DFF días
1	2	25.4 bcde ¹	406 bcde	3.2 b	5.6 bc	5.4 abc	56 efghijk	59 efghijk
1	3	26.5 bcde	423 bcde	3.8 b	5.5 bc	5.3 abc	58 cdefghi	60 defghi
1	4	22.2 cde	355 cde	3.1 b	5.4 c	5.2 abc	56 efghijk	58 fghijkl
1	5	21.8 de	348 de	2.9 b	5.6 bc	5.4 abc	55 fghijkl	58 fghijkl
1	6	24.9 bcde	398 bcde	3.4 b	5.8 bc	5.6 abc	55 fghijkl	57 ghijklm
1	7	26.3 bcde	420 bcde	3.3 b	5.6 bc	5.4 abc	58 cdefghi	61 cdefghi
2	1	26.1 bcde	418 bcde	3.5 b	5.6 bc	5.4 abc	56 efghijk	58 fghijkl
2	3	22.9 bcde	367 bcde	3.1 b	6.8 a	5.3 abc	58 cdefghi	60 defghij
2	4	26.9 bcde	431 bcde	3.6 b	5.8 bc	5.2 abc	58 cdefghi	60 defghij
2	5	28.9 bcde	463 bcde	3.8 b	5.9 bc	5.2 abc	57 defghij	59 efghijk
2	6	26.6 bcde	426 bcde	3.4 b	5.9 bc	5.6 abc	57 defghij	60 defghij
2	7	30.8 bcde	493 bcde	4.1 b	6.2 ab	5.5 abc	61 abcdef	64 abcdef
3	1	29.0 bcde	463 bcde	4.0 b	5.8 bc	5.1 bc	60 abcdefg	62 bcdefgh
3	2	26.6 bcde	426 bcde	3.8 b	5.6 bc	5.4 abc	59 bcdefgh	62 bcdefgh
3	4	32.9 b	527 b	4.3 b	5.6 bc	5.3 abc	56 efghijk	59 efghijk
3	5	28.4 bcde	455 bcde	3.8 b	5.5 bc	5.1 abc	55 fghijkl	59 efghijk
3	6	28.3 bcde	452 bcde	3.5 b	5.6 bc	5.4 abc	56 efghijk	59 efghijk
3	7	32.8 bc	525 bc	4.3 b	5.6 bc	5.4 abc	56 fghijkl	58 fghijkl
4	1	31.0 bcde	495 bcde	4.1 b	5.5 bc	5.2 abc	57 defghij	59 efghijk
4	2	25.1 bcde	401 bcde	3.3 b	5.5 bc	5.3 abc	59 bcdefgh	62 bcdefgh
4	3	28.2 bcde	451 bcde	3.6 b	5.5 bc	5.3 ab	63 abcd	66 abcd
4	5	28.0 bcde	447 bcde	3.6 b	5.7 bc	5.3 abc	58 cdefghi	61 cdefghi
4	6	27.4 bcde	438 bcde	3.7 b	5.6 bc	5.3 abc	62 abcde	63 abcdefg
4	7	24.1 bcde	386 bcde	3.1 b	6.1 abc	5.4 abc	61 abcdef	64 abcdef
5	1	32.6 bc	522 bc	4.4 b	5.6 bc	5.2 abc	64 abc	66 abcd
5	2	27.9 bcde	446 bcde	3.4 b	5.8 bc	5.0 c	59 bcdefgh	63 abcdefg
5	3	26.0 bcde	415 bcde	3.4 b	5.8 bc	5.5 abc	66 a	69 a
5	4	30.4 bcde	486 bcde	4.0 b	5.7 bc	5.5 abc	64 abc	67 abc
5	6	28.5 bcde	456 bcde	4.0 b	5.7 bc	5.3 abc	66 a	69 a
5	7	28.9 bcde	462 bcde	4.1 b	5.9 bc	5.3 abc	58 cdefghi	60 defghij
6	1	23.1 bcde	369 bcde	3.2 b	6.0 bc	5.7 abc	65 ab	68 ab
6	2	24.8 bcde	396 bcde	2.8 b	6.0 bc	5.3 abc	66 a	69 a
6	3	20.5 e	328 e	3.0 b	5.7 bc	5.2 abc	64 abc	67 abc
6	4	24.9 bcde	399 bcde	3.1 b	5.9 bc	5.1 bc	66 a	69 a
6	5	23.9 bcde	383 bcde	3.1 b	5.8 bc	5.9 a	64 abc	66 abcd
6	7	24.6 bcde	393 bcde	3.5 b	5.8 bc	5.3 abc	64 abc	67 abc
7	1	28.1 bcde	450 bcde	3.9 b	5.8 bc	5.4 abc	59 bcdefgh	62 bcdefgh
7	2	22.4 bcde	359 bcde	3.2 b	5.7 bc	5.6 abc	63 abcd	65 abcde
7	3	27.4 bcde	438 bcde	3.6 b	5.8 bc	5.4 abc	66 a	68 ab
7	4	24.3 bcde	389 bcde	3.6 b	5.5 bc	5.7 ab	64 abc	67 abc
7	5	68.2 a	1092 a	9.2 a	5.6 bc	5.5 abc	58 cdefghi	60 defghij
7	6	23.5 bcde	376 bcde	3.3 b	5.6 bc	5.4 abc	63 abcd	66 abcd
DMSH		10.6	170	1.7	0.7	0.7	6.7	6.9

En la cruza ij: 1, Caloro; 2, Select Hollard; 3, Norton; 4, Itsco; 5, Westar; 6, M+M y 7, Edena. RPH: rendimiento por hectárea (ton); RPP: rendimiento promedio por planta por corte en de 14 cortes totales (g); FPP: frutos por planta; AF: ancho de fruto (cm); LF: largo de fruto (cm); DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina; ¹Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

4.5 Análisis genético estadístico

4.5.1 Análisis de progenitores

4.5.1.1 Efectos de ACG

No existieron diferencias ($p \leq 0.05$) entre los efectos de ACG de las variedades progenitoras en rendimiento y frutos por planta; aunque la variedad 'Edena' (7) fue la de mayores efectos positivos de ACG numéricos, en rendimiento por hectárea ($1.72 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) y por planta ($27.559 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$), frutos por plantas (0.083) y largo de fruto (0.085); seguida de las variedades 'Westar' ($1.450 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; $23.226 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$; 0.059 FPP) y 'Norton' ($0.207 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; $3.329 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$; 0.017 FPP) (Cuadros 8 y 9).

Las dos variedades progenitoras que en términos de efectos de ACG fueron mayores, formaron la craza más rendidora Edena x Westar (7×5 ; $68.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), la cual prácticamente duplicó en productividad a la segunda mejor craza Norton x Itsco (3×4 ; $32.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) (Cuadros 7 y 8).

Las variedades progenitoras con mayores efectos positivos de ACG (aunque no significativos), en ancho de fruto, fueron: 'Select Hollar' (2, 0.011 cm) y 'Edena' (7, 0.005 cm). En tanto que las variedades de mayores efectos positivos de ACG para longitud del fruto tierno fueron 'Edena' (7, 0.065 cm) e 'Itsco' (4,

0.034 cm). Todas las variedades restantes presentaron efectos numéricamente nulos o negativos de ACG para largo y ancho de fruto (Cuadros 8 y 9).

Las variedades 'M+M' (2.115 días), 'Select Hollar' (0.192 días) y 'Edena' (0.002 días) fueron las que presentaron efectos de ACG positivos significativos en días a floración masculina. El carácter floración femenina presentó también efectos positivos de ACG en las mismas variedades ('M+M': 1.968; 'Select Hollar': 0.280 y 'Edena': 0.045 días). La existencia de efectos positivos de ACG en días a floración, es una situación desfavorable si se deseara mejorar dichas variedades hacia precocidad, porque dichos efectos implican ciclos más tardíos.

Las variedades progenitoras de interés para un programa de mejoramiento genético por selección hacia mayor precocidad son las que presentaron los valores negativos de ACG para días a floración masculina y femenina. Dichas variedades fueron 'Caloro' (-1.291 días) y 'Norton' (-0.796, días) (Cuadros 8 y 9), porque los efectos negativos para días a floración son útiles para mayor precocidad.

Ya que la ACG se relaciona directamente con la varianza genética aditiva, los valores positivos de rendimiento por planta de ACG (3.3) aunados a la baja σ_{ACE}^2 (1.1) (Cuadro 9), hacen recomendable el uso de la variedad comercial progenitora 'Norton', en un programa de mejoramiento genético por selección, pese a que la población de referencia como tal no presentó variación genética aditiva (Cuadro 4).

Cuadro 8. Comparaciones múltiples de efectos de ACG de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras de cruzamientos dialélicos. Chapingo, México, 2007.

RPH t·ha ⁻¹			RPP g·planta ⁻¹			FPP			AF cm			LF cm			DFM días			DFF días		
P	ACG		P	ACG		P	ACG		P	ACG		P	ACG		P	ACG		P	ACG	
7	1.722	a	7	27.559	a	7	0.083	a	2	0.011	a	7	0.085	a	6	2.115	a	6	1.968	a
5	1.450	a	5	23.228	a	5	0.059	a	7	0.005	a	4	0.034	a	2	0.192	b	2	0.280	b
3	0.207	a	3	3.329	a	3	0.017	a	6	0.000	a	6	-0.003	a	7	0.002	c	7	0.045	c
4	-0.537	a	4	-8.595	a	1	-0.010	a	3	-0.001	b	1	-0.008	a	4	-0.012	d	4	-0.051	d
1	-0.688	a	1	-11.026	a	4	-0.015	a	5	-0.002	b	3	-0.020	a	5	-0.208	e	5	-0.189	e
6	-0.706	a	6	-11.313	a	6	-0.060	b	4	-0.003	a	2	-0.041	b	3	-0.798	f	3	-0.736	f
2	-1.448	a	2	-23.182	a	2	-0.074	b	1	-0.010	b	5	-0.045	b	1	-1.291	g	1	-1.316	g

P: Progenitores; 1, Caloro; 2, Select Holland; 3, Norton; 4, Itasco; 5, Westar; 6, M+M y 7, Edena. RPH: rendimiento por hectárea (t); RPP: rendimiento por planta (g); FPP: frutos por planta; AF: ancho de fruto (cm); LF: largo de fruto (cm); DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina.

Cuadro 9. Análisis de las variedades comerciales progenitoras de calabacita tipo round zucchini según sus efectos de ACG y varianza de ACE en el conjunto de las cruas donde participa. Chapingo, México, 2007.

PROGENITOR	RPH		RPP		FPP		AF		LF		DFM		DFF	
	ACG	σ^2_{ACE}	ACG	σ^2_{ACE}	ACG	σ^2_{ACE}	ACG	σ^2_{ACE}	ACG	σ^2_{ACE}	ACG	σ^2_{ACE}	ACG	σ^2_{ACE}
1. Caloro	-0.6889	1.1299	-11.026	28911	-0.0103	0.0213	-0.0106	0.0102	-0.0089	0.0109	-1.2912	2.2470	-1.3164	2.2727
2. Select Holland	-1.4487	0.8263	-23.182	21134	-0.0742	0.0179	0.0118	0.0226	-0.0414	0.0081	0.1927	2.1715	0.2802	1.9543
3. Norton	0.2078	4.2938	3.3295	1.10004	0.0175	0.0540	-0.0012	0.0252	-0.0201	0.0018	-0.7985	0.8475	-0.7369	0.9193
4. Itasco	-0.5369	5.5582	-8.5953	1.42206	-0.0154	0.0393	-0.0039	0.0075	0.0342	0.0055	-0.0121	3.0893	-0.0518	3.4894
5. Westar	1.4509	50.8815	23.2285	13.0261	0.0595	1.1330	-0.0025	0.0030	-0.0458	0.0082	-0.2087	3.1873	-0.1892	3.7671
6. M+M	-0.7086	2.6635	-11.313	68216	-0.0609	0.0102	0.0008	0.0057	-0.0030	0.0166	2.1150	1.8706	1.9685	1.7943
7. Edena	1.7225	61.1755	27.5594	15.6585	0.0838	1.2099	0.0057	0.0051	0.0851	0.0028	0.0028	1.9170	0.0457	2.5604

RPH: rendimiento por hectárea (t); RPP: rendimiento por planta (g); FPP: frutos por planta; AF: ancho de fruto (cm); LF: largo de fruto (cm); DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina; ACG: aptitud combinatoria general; σ^2_{ACE} : Varianza de ACE en el conjunto de las cruas en que participa el progenitor (en este caso, no es un estimador de σ^2_D).

Los progenitores 'Edena' (7) y 'Westar' (5), por presentar los efectos positivos más altos de ACG en rendimiento (1.7 y 1.4, respectivamente) (Cuadro 9), serían materiales útiles en un programa de mejoramiento genético por selección; sin embargo, por presentar también los mayores valores de σ^2_{ACE} ¹ serían a la vez útiles en un programa de hibridación.

4.5.1.2 Efectos de maternos

Los efectos maternos positivos para rendimiento de las variedades 'Norton', 'Edena', 'Select Hollard' e 'Itasco', indican que dichos progenitores producen híbridos más rendidores cuando son empleados como hembras, que en sus respectivas cruzas recíprocas. Los valores negativos de efectos maternos indicarían lo contrario (Cuadro 10).

Un buen progenitor femenino resultó ser la variedad 'Norton', que además de tener efectos maternos positivos en rendimiento y sus componentes (RPH: 1.905 tha^{-1} , RPP: 30.4838 g.planta^{-1} y FPP: 0.2164 frutos), mostró efectos maternos negativos en días a floración masculina (DFM: -2.096) y días a floración femenina (DFF: -2.1070, días) (Cuadro 10).

'Select Hollard' mostró el mismo comportamiento que 'Norton', aunque sus efectos maternos son de menor magnitud. Esto es, mostró efectos maternos positivos en rendimiento y sus componentes (RPH: 0.7195 t.ha^{-1} , RPP: 11.4977

g·planta⁻¹; FPP: 0.13 frutos), y efectos maternos negativos en días a floración masculina (DFM: -1.0158 días) y días a floración femenina (DFF:-1.225, días) (Cuadro 10).

En el caso de 'Edena' aunque presentó efectos maternos positivos en rendimiento (RPH: 1.8986 t·ha⁻¹; RPP: 30.3807 g·planta⁻¹) y número de frutos por planta (FPP: 0.3123 frutos), los efectos maternos también fueron positivos en días a floración (DFM: 1.048 y DFF: 1.0127 días). El resto de variedades progenitoras, al ser empleadas como hembras disminuyeron el rendimiento y sus componentes.

Cuadro 10. Efectos maternos (EM) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras de cruzamientos dialélicos. Chapingo, México, 2007.

PROGENITOR	RPH	RPP	FPP	AF	LF	DFM	DFF
1.Caloro	-1.6302	-26.0777	-0.2441	-0.0330	0.0207	-1.4350	-1.4210
2.Select H	0.7195	11.4977	0.1300	0.0817	0.0182	-1.0158	-1.2250
3.Norton	1.9050	30.4838	0.2164	-0.0521	-0.0186	-2.0960	-2.1070
4.Itsco	0.1471	2.3620	-0.0225	-0.0055	-0.0168	-0.2580	-0.3757
5.Westar	-1.7880	-28.6146	-0.2196	0.0134	-0.0539	1.8864	1.9926
6.M+M	-1.2520	-20.0318	-0.1725	0.0444	0.0004	1.8703	2.1233
7.Edena	1.8986	30.3807	0.3123	-0.0488	0.0500	1.0480	1.0127

RPH: rendimiento por hectárea (t); RPP: rendimiento por planta (g); FPP: frutos por planta; AF: ancho de fruto (cm); LF: largo de fruto (cm); DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina.

En los caracteres de ancho (AF) y largo de fruto (LF), los efectos maternos fueron positivos en las variedades 'Select Hollar' (0.0182 y 0.0817 cm, respectivamente) y 'M+M' (0.0004 y AF: 0.0444 cm, respectivamente); lo que significa que los híbridos de las cruza directas producen frutos más grandes (más largos y más gruesos) que en sus cruza recíprocas. 'Westar' presentó

efectos maternos positivos sólo para ancho de fruto (0.0134 cm) y 'Edena' sólo para largo de fruto (0.5 cm) (Cuadro 10).

Las variedades comerciales 'Westar', 'M+M' y 'Edena', mostraron valores positivos de efectos maternos para días a floración masculina (1.8864, 1.8703 y 1.0480, días, respectivamente); lo que indica que los híbridos de sus cruzas directas son mas tardíos que los de sus cruzas recíprocas. Lo mismo ocurrió con estas mismas variedades para días a floración femenina (Cuadro 10).

4.5.1.3 Heterosis media

La heterosis media ($\bar{h}$), al calcularse como la diferencia entre la media de todos los híbridos F_1 (cruzas dialélicas posibles entre los progenitores estudiados), menos la media de todos los progenitores como tal, es un primer indicador de la existencia o no de heterosis en el conjunto de los híbridos F_1 formados (cruzamientos dialélicos), con respecto a la población de los progenitores comerciales utilizados.

La existencia de heterosis media puede interpretarse como una consecuencia de la divergencia genética entre las variedades comerciales progenitoras, ya que numerosos estudios experimentales de varios autores han mostrado que a mayor divergencia genética entre los progenitores, hay mayor heterosis en las cruzas (Comunicación personal, Villanueva 2007).

Se encontró heterosis media (Cuadro 11), positiva en seis de los siete caracteres estudiados (RPH: $0.73 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; RPP: $12.21 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$; AF: 0.18 cm ; LF: 0.05 cm ; DFF: 1.12 días y DFM: 1.33 días) y negativa en frutos por planta (-0.02 cm).

En términos generales, las cruzas fueron mejores en rendimiento que las variedades, ésta superioridad se asoció a un aumento en ancho y largo de fruto.

En contraste, resultó que la heterosis media en días a floración masculina y femenina mostró efectos positivos, situación no deseada, puesto que refleja ciclos más tardíos de las cruzas.

4.5.1.4 Heterosis varietal

La variedad comercial 'Westar' manifestó efectos positivos favorables de heterosis varietal en rendimiento (RPH: $7.26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y RPP: $116 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$), gracias a la heterosis mostrada en frutos por planta (0.72). Sin embargo, 'Westar' también mostró una heterosis varietal alta, en días a floración (DFM: 2.60 y DFF: 3.20), efecto no deseado, pues implica que produce híbridos tardíos (Cuadro 11).

La variedad 'Edena' también presentó heterosis varietal positiva en rendimiento (RPH: $3.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, RPP: $61.3 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$ y FPP: 0.42 frutos), aunque en menor

magnitud que la variedad 'Westar', y mayor heterosis varietal en días a floración, tanto femenina como masculina (3.7) (Cuadro 11).

Los resultados de la heterosis varietal positiva tanto en las variedades 'Edena' (7) como 'Westar' (5) explican la alta productividad mostrada por su cruza.

La variedad 'M+M' fue el caso contrastante que presentó la menor heterosis varietal en rendimiento (RPH: $-0.469 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y RPP: $-74.1 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$; Cuadro 11), debido a la heterosis varietal negativa en número de frutos (-0.55 frutos).

Lo anterior refleja que las variedades con mayor heterosis varietal en rendimiento, tienen asociación directa con la heterosis en frutos por planta.

Estos resultados de heterosis varietal indican, que los híbridos en los que participaron las variedades ('Westar', 'Edena', 'Itsco' y 'Select Holland'), produjeron cruza superiores en rendimiento al promedio de sus correspondientes variedades.

Las variedades 'Westar' y 'Edena' mostraron la heterosis varietal más alta en rendimiento y sus caracteres componentes (Cuadro 11) y produjeron el mejor híbrido formado entre todas las cruza dialélicas ('Edena' x 'Westar'), con un rendimiento de $68.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Cuadro 7).

Las variedades que presentaron la heterosis varietal positiva más alta en ancho de fruto fueron 'Select Hollard' y 'M+M' (0.40 y 0.35 cm, respectivamente); en largo de fruto, con la misma heterosis, fueron 'M+M' (0.23 cm) y, 'Select Hollard' y 'Westar' (0.15 cm) (Cuadro 11).

Las variedades de mayor heterosis varietal positiva en días a floración masculina y femenina, fueron: 'Edena' (DFM: 3.7 y DFF: 3.7 días), 'Norton' (DFM: 2.8 y DFF: 2.9 días), 'Westar' (DFM: 2.6 y DFF: 3.2 días), 'Itsco' (DFM: 2.1 y DFF: 2.5 días) y 'M+M' (DFM: 1 y DFF: 1.5 días). Esto significa que los híbridos donde participan estas variedades, son más tardíos que sus progenitores, como se puede confirmar en los correspondientes días observados a floración masculina y femenina (Cuadros 6 y 7).

En contraparte, en el caso de las variedades precoces 'Select Hollard' y 'Caloro', no existió heterosis varietal positiva en rendimiento y sus componentes.

Cuadro 11. Heterosis varietal (HV) y heterosis media ($\bar{h}$) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras de cruzamientos dialélicos. Chapingo, México, 2007.

PROGENITOR	RPH	RPP	FPP	AF	LF	DFM	DFF
1.Caloro	-0.99	-15.30	-0.27	0.14	0.05	-0.40	-0.20
2.Select H	0.25	4.70	-0.13	0.40	0.15	-2.40	-2.40
3.Norton	-0.14	-1.50	-0.23	0.24	-0.05	2.80	2.90
4.Itsco	0.65	11.00	-0.14	-0.01	-0.19	2.10	2.50
5.Westar	7.26	116.50	0.72	0.22	0.15	2.60	3.20
6.M+M	-4.69	-74.10	-0.55	0.35	0.23	1.00	1.50
7.Edena	3.80	61.30	0.42	0.18	0.06	3.70	3.70
$\bar{h}$	0.73	12.21	-0.02	0.18	0.05	1.12	1.33

RPH: rendimiento por hectárea (t); RPP: rendimiento por planta (g); FPP: frutos por planta; AF: ancho de fruto (cm); LF: largo de fruto (cm); DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina. $\bar{h}$: heterosis media.

4.5.2 Análisis de cruzas dialélicas

4.5.2.1 Estructura genética de cruzamientos

4.5.2.1.1 Rendimiento y sus componentes

Los efectos positivos más altos de ACG en rendimiento por hectárea (Cuadro 11) y rendimiento por planta (Cuadro 12), se encontraron en las cruzas (Cuadro 4):

- 1) 'Edena' x 'Westar' (7x5) con un promedio de rendimiento de 68.2 t·ha⁻¹ y 1,092 g·planta⁻¹, que fue el mejor híbrido ($p \leq 0.05$). Duplicó el rendimiento del segundo mejor cruzamiento dialélico así como el de su respectiva craza directa, y presentó los mayores valores de ACG y EM. Sin embargo, las ventajas mostradas por esta craza son atribuidas principalmente a los valores más altos en ACE (16.5656 t·ha⁻¹), que

superaron en magnitud a los de ACG ($3.1734 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Sus ER fueron negativos (Cuadro 12).

La ACG es un indicador directo de los efectos aditivos de los genes, los cuales se heredan a las subsiguientes generaciones; y la ACE lo es para los efectos de dominancia, lo cuales no son heredables.

En la cruza 'Edena' x 'Westar' (7x5), resultó un grado promedio de dominancia de 2.28 (Cuadro 12); es decir, hubo sobredominancia, de ahí que esta cruza 7x5 sólo puede ser aprovechada como híbrido, repitiendo la cruza cada vez que sea necesario y por lo tanto nunca debe usarse en generaciones avanzadas ($\geq F_2$).

En la misma cruza 7x5, resultaron los EM más altos y positivos; lo que indica que en esa cruza el progenitor Edena es mejor cuando se emplea como hembra, y por lo tanto nunca se debe invertir dicha cruza para su aprovechamiento.

- 2) La segunda mejor cruza en términos de efectos positivos de ACG ($1.9304 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) y ACE ($0.5887 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), fue la cruza 'Norton' x 'Edena', con rendimiento de $32.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $525 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$ (Cuadros 11 y 12).

En la cruza 'Norton' x 'Edena' (3x7) los efectos de ACG fueron mayores que los de ACE, reflejado en un grado promedio de dominancia de 0.55 (Cuadro;

12, dominancia parcial). Con base en estos estimadores se considera válido recomendar el uso de la cruza 'Norton' x 'Edena' (3x7) para incorporarla a algún programa de mejoramiento de selección (debido a que predominan los efectos de ACG sobre los de ACE), y a que también presentó EM positivos ($0.0064 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) (Cuadro 12).

En las cruzas: 'Edena' x 'Westar' y 'Norton' x 'Edena' los efectos positivos de ACE, fueron mayores que los de ACG para rendimiento por hectárea (Cuadro 12) y rendimiento por planta (Cuadro 13) por lo que pueden usarse como híbridos. En orden decreciente presentaron las siguientes estimaciones fenotípicas y genotípicas:

- 1) La cruza 'Edena' x 'Westar' (7x5), fue la de mayor rendimiento, con $68.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $1092 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$; con efectos positivos altos de ACE ($16.565 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $50.7880 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$) y superiores a ACG ($3.1734 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $265.0446 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$); y dichos caracteres se heredan con sobredominancia (2.28) (Cuadro 12).
- 2) La cruza 'Norton' x 'Edena' (3x7) con efectos positivos y altos de ACE ($3.102 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) y de EM ($1.759 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) pero negativos de ACG ($-0.329 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) en rendimiento, con el segundo mayor rendimiento ($32.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; $527 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$; Cuadros 12 y 13). El rendimiento se hereda como sobredominancia (3.07) (Cuadro 12), de ahí que esta cruza sólo sea recomendable para usarla como híbrido, repitiendo la cruza.

Las cruzas 'Select Hollard' x 'Edena' (2x7), 'Norton' x 'Edena' (3x7) y 'Westar' x 'Caloro' (5x1), tienen potencial de uso práctico tanto *per se* como en un programa de mejoramiento genético, por su ACG, ACE, heterosis (varietal y específica) en el carácter de rendimiento. Se caracterizan por:

- 1) Los efectos de ACG son positivos y de mayor magnitud que los efectos de aptitud combinatoria específica ACE (Cuadro 12);

'Select Hollard' x 'Edena' (2x7); ACG: 0.2738 y ACE: -1.1177

'Norton' x 'Edena' (3x7); ACG: 1.9304 y ACE: 0.5887

'Westar' x 'Caloro' (5x1); ACG: 0.762 y ACE: -1.0325

Estas tres cruzas pueden usarse como variedades en sus generaciones avanzadas ($\geq F_2$), sin repetir la craza porque su rendimiento depende de los efectos aditivos de los genes.

- 2) La heterosis respecto al mejor progenitor (H_{mp}) y la heterosis específica (S_{ij}) son de efectos positivos (Cuadros 19 y 20):

'Select Hollard' x 'Edena' (2x7); H_{mp} : 3.8 y S_{ij} : 0.17

'Norton' x 'Edena' (3x7); H_{mp} : 4.3 y S_{ij} : 0.66

'Westar' x 'Caloro' (5x1); H_{mp} : 4.9 y S_{ij} : 0.5

- 3) En ellas participa al menos una de las variedades comerciales progenitoras ('Edena' o 'Westar'), involucradas en la mejor craza 7x5; y

4) Son las mejores cruza para rendimiento después de 7x5: 'Select Hollard' x 'Edena' (2x7; 30.8 t·ha⁻¹), 'Norton' x 'Edena' (3x7; 32.8 t·ha⁻¹) y 'Westar' x 'Caloro' (5x1; 32.6 t·ha⁻¹) (Cuadro 7).

Cuadro 12. Estructura genética y grado promedio de dominancia ($\bar{a}$) de rendimiento en toneladas por hectárea (RPH) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.

Cruza	Progenitores		$\bar{a}$	Núcleo		Citoplasma		RPH (t·ha ⁻¹)
	i	j		ACG ($g_i + g_j$)	ACE ($S_{ij} = S_{ji}$)	EM ($m_i - m_j$)	ER ($r_{ij} = -r_{ji}$)	
1	1	2	0.39	-2.1377	0.3316	-2.3496	-1.8688	25.4
2	1	3	1.12	-0.4811	0.6028	-3.5352	-2.1321	26.5
3	1	4	0.46	-1.2259	0.2545	-1.7773	2.4218	22.2
4	1	5	1.16	0.7620	-1.0325	0.1579	5.2174	21.8
5	1	6	1.20	-1.3956	-2.0140	-0.3782	-1.2086	24.9
6	1	7	1.11	1.0336	-1.2742	-3.5288	-2.4298	26.3
7	2	1	0.39	-2.1377	0.3316	2.3496	1.8688	26.1
8	2	3	1.06	-1.2409	-1.4011	-1.1855	0.6303	22.9
9	2	4	0.46	-1.9857	0.4203	0.5723	-0.3226	26.9
10	2	5	19.45	0.0021	0.7947	2.5075	1.8539	28.9
11	2	6	0.36	-2.1554	0.2831	1.9714	0.9756	26.6
12	2	7	2.02	0.2738	-1.1177	-1.1791	-5.0060	30.8
13	3	1	1.12	-0.4811	0.6028	3.5352	2.1321	29.0
14	3	2	1.06	-1.2409	-1.4011	1.1855	-0.6303	26.6
15	3	4	3.07	-0.3291	3.1024	1.7579	-0.5662	32.9
16	3	5	1.06	1.6588	-1.8486	3.6930	2.2901	28.4
17	3	6	2.22	-0.4988	-2.4682	3.1570	-0.6944	28.3
18	3	7	0.55	1.9304	0.5887	0.0064	-2.5313	32.8
19	4	1	0.46	-1.2259	0.2545	1.7773	-2.4218	31.0
20	4	2	0.46	-1.9857	0.4203	-0.5723	0.3226	25.1
21	4	3	3.07	-0.3291	3.1024	-1.7579	0.5662	28.2
22	4	5	0.85	0.9140	0.6538	1.9352	2.9288	28.0
23	4	6	0.33	-1.2436	-0.1316	1.3991	0.1440	27.4
24	4	7	1.88	1.1856	-4.1812	-1.7514	-1.5398	24.1
25	5	1	1.16	0.7620	-1.0325	-0.1579	-5.2174	32.6
26	5	2	19.45	0.0021	0.7947	-2.5075	-1.8539	27.9
27	5	3	1.06	1.6588	-1.8486	-3.693	-2.2901	26.0
28	5	4	0.85	0.9140	0.6538	-1.9352	-2.9288	30.4
29	5	6	1.60	0.7443	-1.9025	-0.5361	-2.6434	28.5
30	5	7	2.28	3.1734	16.5656	-3.6866	14.9337	28.9
31	6	1	1.20	-1.3956	-2.0140	0.3782	1.2086	23.1
32	6	2	0.36	-2.1554	0.2831	-1.9714	-0.9756	24.8
33	6	3	2.22	-0.4988	-2.4682	-3.1570	0.6944	20.5
34	6	4	0.33	-1.2436	-0.1316	-1.3991	-0.1440	24.9
35	6	5	1.60	0.7443	-1.9025	0.5361	2.6434	23.9
36	6	7	2.03	1.0159	-4.1908	-3.1505	-3.4268	24.6
37	7	1	1.11	1.0336	-1.2742	3.5288	2.4298	28.1
38	7	2	2.02	0.2738	-1.1177	1.1791	5.0060	22.4
39	7	3	0.55	1.9304	0.5887	-0.0064	2.5313	27.4
40	7	4	1.88	1.1856	-4.1812	1.7514	1.5398	24.3
41	7	5	2.28	3.1734	16.5656	3.6866	-14.9337	68.2
42	7	6	2.03	1.0159	-4.1908	3.1505	3.4268	23.5
DMSH	---	---	---	---	---	---	---	10.6

Clave de progenitores (I: progenitor femenino, J: progenitor masculino): 1: Caloro, 2: Select Hollard, 3: Norton, 4: Itasco, 5: Westar, 6: M+M, 7: Edena; RPH: Rendimiento por hectárea; ACG: Aptitud combinatoria general; ($g_i + g_j$): Efectos aditivos aportados por ambos progenitores a cada cruza; ACE: Aptitud combinatoria específica = ($S_{ij} = S_{ji}$): Efectos de dominancia resultantes en cada cruza; EM: Efectos maternos; ($m_i - m_j$): Efectos maternos aportados por ambos progenitores a cada cruza; ER: Efectos recíprocos = ($r_{ij} = -r_{ji}$) aportados por ambos progenitores en cada cruza; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta (Tukey, $p \leq 0.05$).

Cuadro 13. Estructura genética y grado de dominancia promedio ($\bar{a}$) de rendimiento por planta (RPP) en 14 cortes acumulados de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.

Cruza	Progenitores		$\bar{a}$	Núcleo		Citoplasma		RPP g/planta ⁻¹
	I	J		ACG ($g_i + g_j$)	ACE ($S_{ij} = S_{ji}$)	EM ($m_i - m_j$)	ER ($r_{ij} = -r_{ji}$)	
1	1	2	0.39	-34.2083	5.2693	-37.5754	-29.8862	406
2	1	3	1.12	-7.6965	9.6474	-56.5614	-34.1218	423
3	1	4	0.46	-19.6215	4.0783	-28.4396	38.7562	355
4	1	5	1.16	12.2025	-16.5321	2.5370	83.4772	348
5	1	6	1.20	-22.3400	-32.2196	-6.0459	-19.3531	398
6	1	7	1.11	16.5333	-20.3918	-56.4584	-38.8724	420
7	2	1	0.39	-34.2083	5.2693	37.5754	29.8862	418
8	2	3	1.06	-19.8527	-22.4282	-18.9861	10.1050	367
9	2	4	0.46	-31.7776	6.7270	9.1357	-5.1557	431
10	2	5	16.56	0.0463	12.6962	40.1123	29.6462	463
11	2	6	0.36	-34.4961	4.5444	31.5295	15.6135	426
12	2	7	2.02	4.3772	-17.8661	-18.8830	-80.0951	493
13	3	1	1.12	-7.6965	9.6474	56.5614	34.1218	463
14	3	2	1.06	-19.8527	-22.4282	18.9861	-10.1050	426
15	3	4	3.07	-5.2658	49.6420	28.1218	-9.0401	527
16	3	5	1.06	26.5581	-29.5911	59.0984	36.6540	455
17	3	6	2.22	-7.9843	-39.5168	50.5155	-11.1218	452
18	3	7	0.55	30.8890	9.4439	0.1030	-40.5088	525
19	4	1	0.46	-19.6215	4.0783	28.4396	-38.7562	495
20	4	2	0.46	-31.7776	6.7270	-9.1357	5.1557	401
21	4	3	3.07	-5.2658	49.6420	-28.1218	9.0401	451
22	4	5	0.85	14.6332	10.4610	30.9766	46.8705	447
23	4	6	0.32	-19.9092	-2.0869	22.3938	2.3259	438
24	4	7	1.88	18.9641	-66.8653	-28.0188	-24.6360	386
25	5	1	1.16	12.2025	-16.5321	-2.5370	-83.4772	522
26	5	2	16.56	0.0463	12.6962	-40.1123	-29.6462	446
27	5	3	1.06	26.5581	-29.5911	-59.0984	-36.654	415
28	5	4	0.85	14.6332	10.4610	-30.9766	-46.8705	486
29	5	6	1.60	11.9147	-30.4499	-8.5829	-42.2993	456
30	5	7	2.28	50.7880	265.0446	-58.9954	238.9470	462
31	6	1	1.20	-22.3400	-32.2196	6.0459	19.3531	369
32	6	2	0.36	-34.4961	4.5444	-31.5295	-15.6135	396
33	6	3	2.22	-7.9843	-39.5168	-50.5155	11.1218	328
34	6	4	0.32	-19.9092	-2.0869	-22.3938	-2.3259	399
35	6	5	1.60	11.9147	-30.4499	8.5829	42.2993	383
36	6	7	2.03	16.2455	-67.0384	-50.4125	-54.8349	393
37	7	1	1.11	16.5333	-20.3918	56.4584	38.8724	450
38	7	2	2.02	4.3772	-17.8661	18.8830	80.0951	359
39	7	3	0.55	30.8890	9.4439	-0.1030	40.5088	438
40	7	4	1.88	18.9641	-66.8653	28.0188	24.6360	389
41	7	5	2.28	50.7880	265.0446	58.9954	-238.947	1092
42	7	6	2.03	16.2455	-67.0384	50.4125	54.8349	376
DMSH	---	---	---	---	---	---	---	170

Clave de progenitores (I: progenitor femenino, J: progenitor masculino): 1: Caloro, 2: Select Holland, 3: Norton, 4: Itasco, 5: Westar, 6: M+M, 7: Edena; RPP: Rendimiento por planta (g); ACG: Aptitud combinatoria general; ($g_i + g_j$): Efectos aditivos aportados por ambos progenitores a cada cruza; ACE: Aptitud combinatoria específica = ($S_{ij} = S_{ji}$): Efectos de dominancia resultantes en cada cruza; EM: Efectos maternos; ($m_i - m_j$): Efectos maternos aportados por ambos progenitores a cada cruza; ER: Efectos recíprocos = ($r_{ij} = -r_{ji}$) aportados por ambos progenitores en cada cruza; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta (Tukey, $p \leq 0.05$).

El mismo comportamiento de los efectos genéticos para rendimiento por hectárea y por planta, se encontró para el carácter frutos por planta (Cuadro 14).

Los efectos positivos más altos de ACG en frutos por planta (Cuadro 14), aunque no significativos en el ANAVA (Cuadro 4), se encontraron en las cruzas:

- 1) 'Edena' x 'Westar' (7x5) con un rendimiento total acumulado de 9.2 frutos en 14 cortes. Duplicó el rendimiento del segundo mejor cruzamiento dialélico, así como el de su respectiva cruce directa y presentó los mayores valores de EM (0.532). Sin embargo, las ventajas mostradas por esta cruce son atribuidas principalmente a su valor más alto en efectos de ACE (2.5206), que superaron en magnitud a los de ACG (0.1434), por lo que esta cruce sólo puede ser usada como híbrido F_1 . Sus ER fueron negativos (Cuadro 12).
- 2) La segunda mejor cruce en términos de efectos positivos de ACG (0.1014) y ACE (0.1256), en frutos por planta, fue la cruce 'Norton' x 'Edena', con un rendimiento total acumulado de 4.3 frutos en 14 cortes (Cuadros 14), misma que sólo puede ser usada como híbrido F_1 porque predominan los efectos de ACE.

Cuadro 14. Estructura genética de frutos por planta (FPP) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.

Cruza	Progenitores		$\bar{a}$	Núcleo		Citoplasma		FPP No. de frutos
	I	J		ACG ($g_i + g_j$)	ACE ($S_{ij} = S_{ji}$)	EM ($m_i - m_j$)	ER ($r_{ij} = -r_{ji}$)	
1	1	2	1.57	-0.0846	-0.2091	-0.3741	-0.2151	3.2
2	1	3	4.26	0.0072	0.1304	-0.4605	-0.3272	3.8
3	1	4	1.51	-0.0258	-0.0591	-0.2216	0.2145	3.1
4	1	5	1.21	0.0492	-0.0725	-0.0245	0.6706	2.9
5	1	6	2.04	-0.0713	-0.2976	-0.0716	-0.1178	3.4
6	1	7	1.26	0.0736	-0.1175	-0.5564	-0.2250	3.3
7	2	1	1.57	-0.0846	-0.2091	0.3741	0.2151	3.5
8	2	3	1.85	-0.0567	-0.1939	-0.0864	0.2124	3.1
9	2	4	1.12	-0.0897	-0.1123	0.1525	0.0022	3.6
10	2	5	2.13	-0.0147	-0.0668	0.3496	0.1127	3.8
11	2	6	1.76	-0.1352	-0.4186	0.3025	0.0179	3.4
12	2	7	2.54	0.0096	-0.0617	-0.1823	-0.5603	4.1
13	3	1	4.26	0.0072	0.1304	0.4605	0.3272	4.0
14	3	2	1.85	-0.0567	-0.1939	0.0864	-0.2124	3.8
15	3	4	10.33	0.0021	0.2239	0.2389	-0.0636	4.3
16	3	5	1.46	0.0771	-0.1640	0.4361	0.2258	3.8
17	3	6	2.89	-0.0434	-0.3635	0.3889	0.1322	3.5
18	3	7	1.11	0.1014	0.1256	-0.0959	-0.4091	4.3
19	4	1	1.51	-0.0258	-0.0591	0.2216	-0.2145	4.1
20	4	2	1.12	-0.0897	-0.1123	-0.1525	-0.0022	3.3
21	4	3	10.33	0.0021	0.2239	-0.2389	0.0636	3.6
22	4	5	1.40	0.0441	0.0865	0.1971	0.3599	3.6
23	4	6	1.51	-0.0764	-0.1731	0.1500	-0.1298	3.7
24	4	7	2.23	0.0684	-0.3407	-0.3348	-0.0770	3.1
25	5	1	1.21	0.0492	-0.0725	0.0245	-0.6706	4.4
26	5	2	2.13	-0.0147	-0.0668	-0.3496	-0.1127	3.4
27	5	3	1.46	0.0771	-0.1640	-0.4361	-0.2258	3.4
28	5	4	1.40	0.0441	0.0865	-0.1971	-0.3599	4.0
29	5	6	10.94	-0.0014	-0.1675	-0.0471	-0.4461	4.0
30	5	7	4.19	0.1434	2.5206	-0.5320	1.8151	4.1
31	6	1	2.04	-0.0713	-0.2976	0.0716	0.1178	3.2
32	6	2	1.76	-0.1352	-0.4186	-0.3025	-0.0179	2.8
33	6	3	2.89	-0.0434	-0.3635	-0.3889	-0.1322	3.0
34	6	4	1.51	-0.0764	-0.1731	-0.1500	0.1298	3.1
35	6	5	10.94	-0.0014	-0.1675	0.0471	0.4461	3.1
36	6	7	3.67	0.0230	-0.3103	-0.4848	-0.5435	3.5
37	7	1	1.26	0.0736	-0.1175	0.5564	0.2250	3.9
38	7	2	2.54	0.0096	-0.0617	0.1823	0.5603	3.2
39	7	3	1.11	0.1014	0.1256	0.0959	0.4091	3.6
40	7	4	2.23	0.0684	-0.3407	0.3348	0.0770	3.6
41	7	5	4.19	0.1434	2.5206	0.5320	-1.8151	9.2
42	7	6	3.67	0.0230	-0.3103	0.4848	0.5435	3.3

DMSH

1.7

Clave de progenitores (I: progenitor femenino, J: progenitor masculino): 1: Caloro, 2: Select Hollard, 3: Norton, 4: Itasco, 5: Westar, 6: M+M, 7: Edena; FPP: Frutos por planta; ACG: Aptitud combinatoria general; ($g_i + g_j$): Efectos aditivos aportados por ambos progenitores a cada cruce; ACE: Aptitud combinatoria específica = ($S_{ij} = S_{ji}$): Efectos de dominancia resultantes en cada cruce; EM: Efectos maternos; ($m_i - m_j$): Efectos maternos aportados por ambos progenitores a cada cruce; ER: Efectos recíprocos = ($r_{ij} = -r_{ji}$) aportados por ambos progenitores en cada cruce; DMS: Diferencia mínima significativa honesta (Tukey, $p \leq 0.05$).

En el carácter ancho de fruto, se encontró que el efecto más alto y positivo de ACG (0.0176 cm), ACE (0.1676 cm) y EM (0.1305 cm) fue para la cruce directa 'Select Hollard' x 'Edena' (2x7), que fue el segundo mayor promedio de ancho de fruto (6.2 cm) (Cuadro 15). Estos resultados indican que 'Select Hollard' x

'Edena' sólo pueden usarse como cruza y no como variedad en sus generaciones avanzadas ($\geq F_2$).

Cuadro 15. Estructura genética de ancho de fruto (AF) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.

Cruza	Progenitores		$\bar{a}$	Núcleo		Citoplasma		AF cm
	I	J		ACG ($g_i + g_j$)	ACE ($S_{ij} = S_{ji}$)	EM ($m_i - m_j$)	ER ($r_{ij} = -r_{ji}$)	
1	1	2	8.21	0.0012	-0.0808	-0.1147	-0.0722	5.6
2	1	3	1.81	-0.0120	-0.0394	0.0191	0.0985	5.5
3	1	4	3.35	-0.0146	-0.164	-0.0276	0.0157	5.4
4	1	5	2.37	-0.0133	-0.0744	-0.0464	-0.0449	5.6
5	1	6	3.78	-0.0098	0.1402	-0.0774	0.0315	5.8
6	1	7	2.28	-0.0049	-0.0254	0.0158	0.0823	5.6
7	2	1	8.21	0.0012	-0.0808	0.1147	0.0722	5.6
8	2	3	5.58	0.0106	0.3296	0.1338	-0.2964	6.8
9	2	4	2.33	0.0079	-0.0428	0.0871	-0.0537	5.8
10	2	5	2.89	0.0093	0.0776	0.0683	0.0021	5.9
11	2	6	3.40	0.0127	0.1470	0.0373	0.0675	5.9
12	2	7	3.09	0.0176	0.1676	0.1305	-0.0657	6.2
13	3	1	1.81	-0.0120	-0.0394	-0.0191	-0.0985	5.8
14	3	2	5.58	0.0106	0.3296	-0.1338	0.2964	5.6
15	3	4	4.86	-0.0052	-0.1226	-0.0466	-0.0686	5.6
16	3	5	2.98	-0.0039	-0.0347	-0.0655	0.0327	5.5
17	3	6	8.93	-0.0004	-0.0319	-0.0965	-0.0418	5.6
18	3	7	1.59	0.0045	-0.0114	-0.0032	0.0546	5.6
19	4	1	3.35	-0.0146	-0.1640	0.0276	-0.0157	5.5
20	4	2	2.33	0.0079	-0.0428	-0.0871	0.0537	5.5
21	4	3	4.86	-0.0052	-0.1226	0.0466	0.0686	5.5
22	4	5	0.58	-0.0065	-0.0022	-0.0188	0.0023	5.7
23	4	6	3.66	-0.0031	0.0416	-0.0499	0.0567	5.6
24	4	7	4.91	0.0018	0.0434	0.0434	-0.1473	6.1
25	5	1	2.37	-0.0133	-0.0744	0.0464	0.0449	5.6
26	5	2	2.89	0.0093	0.0776	-0.0683	-0.0021	5.8
27	5	3	2.98	-0.0039	-0.0347	0.0655	-0.0327	5.8
28	5	4	0.58	-0.0065	-0.0022	0.0188	-0.0023	5.7
29	5	6	4.47	-0.0017	0.0339	-0.0310	0.0025	5.7
30	5	7	3.26	0.0032	0.0340	0.0622	-0.0552	5.9
31	6	1	3.78	-0.0098	0.1402	0.0774	-0.0315	6.0
32	6	2	3.40	0.0127	0.1470	-0.0373	-0.0675	6.0
33	6	3	8.93	-0.0004	-0.0319	0.0965	0.0418	5.7
34	6	4	3.66	-0.0031	0.0416	0.0499	-0.0567	5.9
35	6	5	4.47	-0.0017	0.0339	0.0310	-0.0025	5.8
36	6	7	1.39	0.0066	-0.0128	0.0932	-0.0326	5.8
37	7	1	2.28	-0.0049	-0.0254	-0.0158	-0.0823	5.8
38	7	2	3.09	0.0176	0.1676	-0.1305	0.0657	5.7
39	7	3	1.59	0.0045	-0.0114	0.0032	-0.0546	5.8
40	7	4	4.91	0.0018	0.0434	-0.0434	0.1473	5.5
41	7	5	3.26	0.0032	0.0340	-0.0622	0.0552	5.6
42	7	6	1.39	0.0066	-0.0128	-0.0932	0.0326	5.6
DMSH	---	---	---	---	---	---	---	0.7

Clave de progenitores (I: progenitor femenino, J: progenitor masculino): 1: Caloro, 2: Select Holland, 3: Norton, 4: Itsco, 5: Westar, 6: M+M, 7: Edena; AF: Ancho de fruto; ACG: Aptitud combinatoria general; ($g_i + g_j$): Efectos aditivos aportados por ambos progenitores a cada cruza; ACE: Aptitud combinatoria específica = ($S_{ij} = S_{ji}$): Efectos de dominancia resultantes en cada cruza; EM: Efectos maternos; ($m_i - m_j$): Efectos maternos aportados por ambos progenitores a cada cruza; ER: Efectos recíprocos = ($r_{ij} = -r_{ji}$) aportados por ambos progenitores en cada cruza; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta (Tukey, $p \leq 0.05$).

Cuadro 16. Estructura genética de largo de fruto (LF) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.

Cruza	Progenitores		$\bar{a}$	Núcleo		Citoplasma		LF cm
	I	J		ACG ($g_i + g_j$)	ACE ($S_{ij} = S_{ji}$)	EM ($m_i - m_j$)	ER ($r_{ij} = -r_{ji}$)	
1	1	2	1.10	-0.0504	0.0613	0.0025	-0.0108	5.4
2	1	3	1.57	-0.0291	-0.0715	0.0393	-0.0327	5.3
3	1	4	2.23	0.0253	-0.1262	0.0375	0.0204	5.2
4	1	5	0.57	-0.0548	0.0175	0.0746	-0.0193	5.4
5	1	6	3.77	-0.0120	0.1710	0.0204	0.0421	5.5
6	1	7	0.42	0.0762	-0.0132	-0.0293	0.0003	5.4
7	2	1	1.10	-0.0504	0.0613	-0.0025	0.0108	5.4
8	2	3	0.74	-0.0616	0.0338	0.0368	0.0404	5.3
9	2	4	3.10	-0.0072	-0.0694	0.0350	0.0371	5.2
10	2	5	1.15	-0.0873	-0.1145	0.0721	-0.0301	5.2
11	2	6	1.57	-0.0445	0.1092	0.0179	-0.0669	5.6
12	2	7	1.42	0.0437	0.0887	-0.0318	0.0087	5.5
13	3	1	1.57	-0.0291	-0.0715	-0.0393	0.0327	5.1
14	3	2	0.74	-0.0616	0.0338	-0.0368	-0.0404	5.4
15	3	4	1.98	0.0141	-0.0553	-0.0018	-0.0033	5.3
16	3	5	0.65	-0.0660	0.0283	0.0354	0.1032	5.1
17	3	6	0.67	-0.0232	-0.0103	-0.0189	-0.0546	5.4
18	3	7	0.54	0.0650	-0.0191	-0.0686	-0.0377	5.4
19	4	1	2.23	0.0253	-0.1262	-0.0375	-0.0204	5.2
20	4	2	3.10	-0.0072	-0.0694	-0.0350	-0.0371	5.3
21	4	3	1.98	0.0141	-0.0553	0.0018	0.0033	5.3
22	4	5	1.38	-0.0116	0.0220	0.0371	0.0681	5.3
23	4	6	2.08	0.0312	-0.1352	-0.0172	-0.0525	5.3
24	4	7	0.60	0.1194	0.0431	-0.0668	0.0387	5.4
25	5	1	0.57	-0.0548	0.0175	-0.0746	0.0193	5.2
26	5	2	1.15	-0.0873	-0.1145	-0.0721	0.0301	5.0
27	5	3	0.65	-0.0660	0.0283	-0.0354	-0.1032	5.5
28	5	4	1.38	-0.0116	0.0220	-0.0371	-0.0681	5.5
29	5	6	1.87	-0.0489	0.1706	-0.0543	0.1154	5.3
30	5	7	0.65	0.0393	0.0165	-0.1039	0.0065	5.3
31	6	1	3.77	-0.0120	0.1710	-0.0204	-0.0421	5.7
32	6	2	1.57	-0.0445	0.1092	-0.0179	0.0669	5.3
33	6	3	0.67	-0.0232	-0.0103	0.0189	0.0546	5.2
34	6	4	2.08	0.0312	-0.1352	0.0172	0.0525	5.1
35	6	5	1.87	-0.0489	0.1706	0.0543	-0.1154	5.9
36	6	7	0.88	0.0821	-0.0639	-0.0496	-0.0166	5.3
37	7	1	0.42	0.0762	-0.0132	0.0293	-0.0003	5.4
38	7	2	1.42	0.0437	0.0887	0.0318	-0.0087	5.6
39	7	3	0.54	0.0650	-0.0191	0.0686	0.0377	5.4
40	7	4	0.60	0.1194	0.0431	0.0668	-0.0387	5.7
41	7	5	0.65	0.0393	0.0165	0.1039	-0.0065	5.5
42	7	6	0.88	0.0821	-0.0639	0.0496	0.0166	5.4

DMSH

0.7

Clave de progenitores (I: progenitor femenino, J: progenitor masculino): 1: Caloro, 2: Select Holland, 3: Norton, 4: Itsco, 5: Westar, 6: M+M, 7: Edena; LF: Largo de fruto; ACG: Aptitud combinatoria general; ($g_i + g_j$): Efectos aditivos aportados por ambos progenitores a cada cruza; ACE: Aptitud combinatoria específica = ($S_{ij} = S_{ji}$): Efectos de dominancia resultantes en cada cruza; EM: Efectos maternos; ($m_i - m_j$): Efectos maternos aportados por ambos progenitores a cada cruza; ER: Efectos recíprocos = ($r_{ij} = -r_{ji}$) aportados por ambos progenitores en cada cruza; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta (Tukey, $p \leq 0.05$).

Respecto al largo de fruto, se encontró que el efecto mas alto y positivo de ACG (0.119 cm), ACE (0.043 cm) y de EM (-0.066 cm), fue para la cruza 'Itsco' x 'Edena' (4x7), cruza que también presentó el tercer mayor promedio fenotípico

de ancho de fruto (5.4 cm), lo que indica que en esta cruz el tamaño de fruto (largo) se debe mayormente a los efectos aditivos de los genes (Cuadro 16).

4.5.2.1.2 Días a floración masculina y femenina

Las cuatro cruzas más precoces, con 55 días a floración masculina, fueron: 'Caloro' x 'Westar' (1x5), 'Caloro' x 'M+M' (1x6), 'Norton' x 'Westar' (3x5) y 'Norton' x 'Edena' (3x7), de manera consistente con los valores negativos de los efectos de ACG, a excepción de la cruz 'Caloro' x 'M+M' (1x6) (Cuadro 17).

La cruz más precoz en días a floración femenina fue la cruz 'Caloro' x 'M+M' (1x6) con 57 días, contrario al alto efecto de ACG positivo (0.6521 días), y en congruencia con los valores negativos de EM (-3.5443 días) y de ACE (-0.4029 días), resultado que puede deberse a que en conjunto los efectos de EM y ACE (negativos) superan en magnitud absoluta a los efectos positivos de la ACG (Cuadro 18).

Esta cruz (1x6), resultó ser la más precoz, tanto en floración masculina como femenina, comportamiento regido por los efectos positivos predominantes de ACG (Cuadro 8) del progenitor Caloro.

Cuadro 17. Estructura genética de días a floración masculina (DFM) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.

Cruza	Progenitores		$\bar{a}$	Núcleo		Citoplasma		DFM días
	I	J		ACG ($g_i + g_j$)	ACE ($S_{ij} = S_{ji}$)	EM ($m_i - m_j$)	ER ($r_{ij} = -r_{ji}$)	
1	1	2	1.59	-1.0985	-2.7625	-0.4192	-0.2882	56
2	1	3	0.54	-2.0898	0.6001	0.6611	1.1418	58
3	1	4	1.29	-1.3034	-2.1686	-1.1770	-0.4654	56
4	1	5	0.79	-1.5001	0.9457	-3.3214	0.6383	55
5	1	6	0.77	0.8237	-0.4855	-3.3053	1.2509	55
6	1	7	0.24	-1.2884	-0.0751	-2.4830	-1.5350	58
7	2	1	1.59	-1.0985	-2.7625	0.4192	0.2882	56
8	2	3	0.95	-0.6057	-0.5449	1.0803	1.1722	58
9	2	4	2.80	0.1806	-1.4181	-0.7578	-0.0913	58
10	2	5	10.85	-0.0160	-1.8843	-2.9022	-1.2216	57
11	2	6	0.45	2.3078	-0.4721	-2.8861	1.0235	57
12	2	7	2.79	0.1957	1.5180	-2.0638	-0.6453	61
13	3	1	0.54	-2.0898	0.6001	-0.6611	-1.1418	60
14	3	2	0.95	-0.6057	-0.5449	-1.0803	-1.1722	59
15	3	4	0.67	-0.8106	0.3649	-1.8381	0.9706	56
16	3	5	1.25	-1.0073	1.5836	-3.9824	1.0432	55
17	3	6	0.78	1.3165	-0.7954	-3.9663	0.0232	56
18	3	7	1.17	-0.7956	1.0894	-3.1440	1.3617	55
19	4	1	1.29	-1.3034	-2.1686	1.1770	0.4654	57
20	4	2	2.80	0.1806	-1.4181	0.7578	0.0913	59
21	4	3	0.67	-0.8106	0.3649	1.8381	-0.9706	63
22	4	5	2.26	-0.2209	1.1317	-2.1444	0.4163	58
23	4	6	0.81	2.1029	1.3855	-2.1283	-0.0022	62
24	4	7	16.24	-0.0092	2.4278	-1.3060	0.1334	61
25	5	1	0.79	-1.5001	0.9457	3.3214	-0.6383	64
26	5	2	10.85	-0.0160	-1.8843	2.9022	1.2216	59
27	5	3	1.25	-1.0073	1.5836	3.9824	-1.0432	66
28	5	4	2.26	-0.2209	1.1317	2.1444	-0.4163	64
29	5	6	1.17	1.9063	2.6043	0.0161	-0.9341	66
30	5	7	2.71	-0.2059	-1.5137	0.8384	0.8341	58
31	6	1	0.77	0.8237	-0.4855	3.3053	-1.2509	65
32	6	2	0.45	2.3078	-0.4721	2.8861	-1.0235	66
33	6	3	0.78	1.3165	-0.7954	3.9663	-0.0232	64
34	6	4	0.81	2.1029	1.3855	2.1283	0.0022	66
35	6	5	1.17	1.9063	2.6043	-0.0161	0.9341	64
36	6	7	0.77	2.1179	1.2675	0.8223	0.3934	64
37	7	1	0.24	-1.2884	-0.0751	2.4830	1.5350	59
38	7	2	2.79	0.1957	1.5180	2.0638	0.6453	63
39	7	3	1.17	-0.7956	1.0894	3.1440	-1.3617	66
40	7	4	16.24	-0.0092	2.4278	1.3060	-0.1334	64
41	7	5	2.71	-0.2059	-1.5137	-0.8384	-0.8341	58
42	7	6	0.77	2.1179	1.2675	-0.8223	-0.3934	63
DMSH	---	---	---	---	---	---	---	6.7

Clave de progenitores (I: progenitor femenino, J: progenitor masculino): 1: Caloro, 2: Select Holland, 3: Norton, 4: Itasco, 5: Westar, 6: M+M, 7: Edena; DFM: Días a floración masculina; ACG: Aptitud combinatoria general; ($g_i + g_j$): Efectos aditivos aportados por ambos progenitores a cada cruza; ACE: Aptitud combinatoria específica = ($S_{ij} = S_{ji}$): Efectos de dominancia resultantes en cada cruza; EM: Efectos maternos; ($m_i - m_j$): Efectos maternos aportados por ambos progenitores a cada cruza; ER: Efectos recíprocos = ($r_{ij} = -r_{ji}$) aportados por ambos progenitores en cada cruza; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta (Tukey, $p \leq 0.05$).

Cuadro 18. Estructura genética de días a floración femenina (DFF) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.

Cruza	Progenitores		$\bar{a}$	Núcleo		Citoplasma		DFF días
	I	J		ACG ($g_i + g_j$)	ACE ($S_{ij} = S_{ji}$)	EM ($m_i - m_j$)	ER ($r_{ij} = -r_{ji}$)	
1	1	2	1.64	-1.0363	-2.7827	-0.196	-0.5381	59
2	1	3	0.50	-2.0534	0.5116	0.686	1.1049	60
3	1	4	1.26	-1.3683	-2.1843	-1.0453	-0.3574	58
4	1	5	0.77	-1.5058	0.8945	-3.4136	0.5481	58
5	1	6	0.79	0.6521	-0.4029	-3.5443	1.1998	57
6	1	7	0.36	-1.2708	0.1666	-2.4336	-1.3491	61
7	2	1	1.64	-1.0363	-2.7827	0.196	0.5381	58
8	2	3	1.44	-0.4567	-0.9457	0.8820	0.9876	60
9	2	4	2.67	0.2284	-1.6314	-0.8493	-0.0651	60
10	2	5	4.22	0.0910	-1.6208	-3.2176	-0.8799	59
11	2	6	0.46	2.2488	-0.4848	-3.3483	0.8367	60
12	2	7	2.04	0.3259	1.3543	-2.2376	-0.8930	64
13	3	1	0.50	-2.0534	0.5116	-0.6860	-1.1049	62
14	3	2	1.44	-0.4567	-0.9457	-0.8820	-0.9876	62
15	3	4	0.95	-0.7887	0.7108	-1.7313	1.1591	59
16	3	5	1.34	-0.9262	1.6735	-4.0996	0.5901	59
17	3	6	0.62	1.2316	-0.4703	-4.2303	-0.0690	59
18	3	7	1.17	-0.6912	0.9456	-3.1196	1.3143	58
19	4	1	1.26	-1.3683	-2.1843	1.0453	0.3574	59
20	4	2	2.67	0.2284	-1.6314	0.8493	0.0651	62
21	4	3	0.95	-0.7887	0.7108	1.7313	-1.1591	66
22	4	5	2.51	-0.2411	1.5168	-2.3683	0.5778	61
23	4	6	0.85	1.9167	1.3833	-2.4990	0.3284	63
24	4	7	20.17	-0.0061	2.4818	-1.3883	-0.0087	64
25	5	1	0.77	-1.5058	0.8945	3.4136	-0.5481	66
26	5	2	4.22	0.0910	-1.6208	3.2176	0.8799	63
27	5	3	1.34	-0.9262	1.6735	4.0996	-0.5901	69
28	5	4	2.51	-0.2411	1.5168	2.3683	-0.5778	67
29	5	6	1.22	1.7793	2.6634	-0.1307	-0.8229	69
30	5	7	3.88	-0.1436	-2.1629	0.9800	0.8061	60
31	6	1	0.79	0.6521	-0.4029	3.5443	-1.1998	68
32	6	2	0.46	2.2488	-0.4848	3.3483	-0.8367	69
33	6	3	0.62	1.2316	-0.4703	4.2303	0.0690	67
34	6	4	0.85	1.9167	1.3833	2.4990	-0.3284	69
35	6	5	1.22	1.7793	2.6634	0.1307	0.8229	66
36	6	7	0.87	2.0143	1.5123	1.1107	0.5640	67
37	7	1	0.36	-1.2708	0.1666	2.4336	1.3491	62
38	7	2	2.04	0.3259	1.3543	2.2376	0.8930	65
39	7	3	1.17	-0.6912	0.9456	3.1196	-1.3143	68
40	7	4	20.17	-0.0061	2.4818	1.3883	0.0087	67
41	7	5	3.88	-0.1436	-2.1629	-0.9800	-0.8061	60
42	7	6	0.87	2.0143	1.5123	-1.1107	-0.5640	66
DMSH	---	---	---	---	---	---	---	6.9

Clave de progenitores (I: progenitor femenino, J: progenitor masculino): 1: Caloro, 2: Select Holland, 3: Norton, 4: Itasco, 5: Westar, 6: M+M, 7: Edena; DFF: Días a floración femenina; ACG: Aptitud combinatoria general; ($g_i + g_j$): Efectos aditivos aportados por ambos progenitores a cada cruza; ACE: Aptitud combinatoria específica = ($S_{ij} = S_{ji}$): Efectos de dominancia resultantes en cada cruza; EM: Efectos maternos; ($m_i - m_j$): Efectos maternos aportados por ambos progenitores a cada cruza; ER: Efectos recíprocos = ($r_{ij} = -r_{ji}$) aportados por ambos progenitores en cada cruza; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta (Tukey, $p \leq 0.05$).

4.5.2.2 Heterosis

4.5.2.2.1 Heterosis respecto al mejor progenitor

4.5.2.2.1.1 Rendimiento de calabacita

En este estudio, la heterosis de mayor significado agronómico, es la que se calcula con respecto al mejor progenitor, en razón de que los progenitores utilizados son variedades comerciales.

La cruza con mayor heterosis con respecto al mejor progenitor en rendimiento por hectárea, por planta y número de frutos por planta, fue 'Edena' x 'Westar' (7x5) (Cuadro 19); la cual superó en 152.6 % el rendimiento por hectárea (41.2 t·ha⁻¹) y por planta (660g·planta⁻¹), y en 142.1 % en frutos por planta (3.8) a su mejor progenitor, la variedad 'Edena' (27 t·ha⁻¹; 509 g·planta⁻¹ y 5.4 frutos por planta) (Cuadro 6), en 14 cortes acumulados.

4.5.2.2.1.2 Días a floración

En cuanto a ciclo (Cuadro 19), la heterosis positiva respecto al mejor progenitor, que resultó en la cruza de 'Edena' x 'Norton' (DFM: 18 y DFF: 15), tanto para días a floración masculina, como para días a floración femenina, significa que las cruzas (de efectos positivos) son más tardías que el progenitor más tardío; lo cual agronómicamente no es deseable; por lo que se preferirían las cruzas con heterosis negativa, que serían las más precoces.

Las cuatro variedades más precoces, con 55 días a floración masculina, fueron: 'Caloro' x 'Westar' (1x5), 'Caloro' x 'M+M' (1x6), 'Norton' x 'Westar' (3x5) y 'Norton' x 'Edena' (3x7), resultado que es consistente con las respectivas heterosis negativas (1x5: -5, 1x6: -15, 3x5: -4 y 3x7: -2 días) que reflejan precocidad en dichas cruzas.

Cuadro 19. Heterosis con respecto al mejor progenitor (H_{mp}) de 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.

i	j	RPH		RPP		FPP		AF		LF		DFM		DFF	
		t.ha ⁻¹	%	g.planta ⁻¹	%	No. de frutos	%	cm	%	cm	%	días	%	días	%
1	2	-2.3	-8.3	-36	-8.1	-0.7	-17.9	0.1	1.8	0.1	1.9	-8	-13	-8	-12
1	3	-2.0	-7.0	-32	-7.0	-0.3	-7.3	0.0	0.0	-0.1	-1.9	0	0	0	0
1	4	-5.5	-19.9	-87	-19.7	-0.8	-20.5	-0.4	-6.9	-0.5	-8.8	-2	-3	-2	-3
1	5	-5.9	-21.3	-94	-21.3	-1.0	-25.6	0.1	1.8	0.1	1.9	-3	-5	-2	-3
1	6	-7.0	-21.9	-111	-21.8	-0.5	-12.8	0.3	5.5	0.2	3.8	-10	-15	-10	-15
1	7	-1.4	-5.1	-22	-5.0	-0.6	-15.4	-0.1	-1.8	-0.1	-1.8	0	0	1	2
2	1	-1.6	-5.8	-24	-5.4	-0.4	-10.3	0.1	1.8	0.1	1.9	-8	-13	-9	-13
2	3	-5.6	-19.6	-88	-19.3	-1.0	-24.4	1.3	23.6	-0.1	-1.9	-6	-9	-7	-10
2	4	0.8	3.1	14	3.4	-0.1	-2.7	0.0	0.0	-0.5	-8.8	-6	-9	-7	-10
2	5	4.2	17.0	68	17.2	0.5	15.2	0.4	7.3	0.1	2.0	-7	-11	-8	-12
2	6	-5.3	-16.6	-83	-16.3	-0.5	-12.8	0.4	7.3	0.5	9.8	-8	-12	-7	-10
2	7	3.8	14.1	61	14.1	0.3	7.9	0.5	8.8	0.0	0.0	-3	-5	-3	-4
3	1	0.5	1.8	8	1.8	-0.1	-2.4	0.3	5.5	-0.3	-5.6	2	3	2	3
3	2	-1.9	-6.7	-29	-6.4	-0.3	-7.3	0.1	1.8	0.0	0.0	-5	-8	-5	-7
3	4	4.4	15.4	72	15.8	0.2	4.9	-0.2	-3.4	-0.4	-7.0	-2	-3	-1	-2
3	5	-0.1	-0.4	0	0.0	-0.3	-7.3	0.0	0.0	-0.3	-5.6	-2	-4	0	0
3	6	-3.6	-11.3	-57	-11.2	-0.6	-14.6	-0.2	-3.4	0.0	0.0	-9	-14	-8	-12
3	7	4.3	15.1	70	15.4	0.2	4.9	-0.1	-1.8	-0.1	-1.8	-1	-2	-1	-2
4	1	3.3	11.9	53	12.0	0.2	5.1	-0.3	-5.2	-0.5	-8.8	-1	-2	-1	-2
4	2	-1.0	-3.8	-16	-3.8	-0.4	-10.8	-0.3	-5.2	-0.4	-7.0	-5	-8	-5	-7
4	3	-0.3	-1.1	-4	-0.9	-0.5	-12.2	-0.3	-5.2	-0.4	-7.0	5	9	6	10
4	5	1.9	7.3	30	7.2	-0.1	-2.7	-0.1	-1.7	-0.4	-7.0	0	0	1	2
4	6	-4.5	-14.1	-71	-13.9	-0.2	-5.1	-0.2	-3.4	-0.4	-7.0	-3	-5	-4	-6
4	7	-2.9	-10.7	-46	-10.6	-0.7	-18.4	0.3	5.2	-0.3	-5.3	3	5	4	7
5	1	4.9	17.7	80	18.1	0.5	12.8	0.1	1.8	-0.1	-1.9	6	10	6	10
5	2	3.2	13.0	51	12.9	0.1	3.0	0.3	5.5	-0.1	-2.0	-5	-8	-4	-6
5	3	-2.5	-8.8	-40	-8.8	-0.7	-17.1	0.3	5.5	0.1	1.9	9	16	10	17
5	4	4.3	16.5	69	16.5	0.3	8.1	-0.1	-1.7	-0.2	-3.5	6	10	7	12
5	6	-3.4	-10.7	-53	-10.4	0.1	2.6	0.2	3.6	0.2	3.9	1	2	2	3
5	7	1.9	7.0	30	6.9	0.3	7.9	0.2	3.5	-0.2	-3.6	1	2	1	2
6	1	-8.8	-27.6	-140	-27.5	-0.7	-17.9	0.5	9.1	0.4	7.5	0	0	1	1
6	2	-7.1	-22.3	-113	-22.2	-1.1	-28.2	0.5	9.1	0.2	3.9	1	2	2	3
6	3	-11.4	-35.7	-181	-35.6	-1.1	-26.8	0.2	3.6	-0.2	-3.7	-1	-2	0	0
6	4	-7.0	-21.9	-110	-21.6	-0.8	-20.5	0.1	1.7	-0.6	-10.5	1	2	2	3
6	5	-8.0	-25.1	-126	-24.8	-0.8	-20.5	0.3	5.5	0.8	15.7	-1	-2	-1	-1
6	7	-7.3	-22.9	-116	-22.8	-0.4	-10.3	0.1	1.8	-0.2	-3.6	-1	-2	0	0
7	1	0.4	1.4	8	1.8	0.0	0.0	0.1	1.8	-0.1	-1.8	1	2	2	3
7	2	-4.6	-17.0	-73	-16.9	-0.6	-15.8	0.0	0.0	0.1	1.8	-1	-2	-2	-3
7	3	-1.1	-3.9	-17	-3.7	-0.5	-12.2	0.1	1.8	-0.1	-1.8	10	18	9	15
7	4	-2.7	-10.0	-43	-10.0	-0.2	-5.3	-0.3	-5.2	0.0	0.0	6	10	7	12
7	5	41.2	152.6	660	152.8	5.4	142.1	-0.1	-1.8	0.0	0.0	1	2	1	2
7	6	-8.4	-26.3	326	652.0	-0.6	-15.4	-0.1	-1.8	-0.1	-1.8	-2	-3	-1	-1

Clave de progenitores (I: progenitor femenino, J: progenitor masculino): 1: Caloro, 2: Select Holland, 3: Norton, 4: Itasco, 5: Westar, 6: M+M, 7: Edena; RPH: rendimiento por hectárea (ton); RPP: rendimiento por planta (g); FPP: frutos por planta; AF: ancho de fruto (cm); LF: largo de fruto (cm); DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina.

La cruza mas precoz en días floración femenina fue la cruza 'Caloro' x 'M+M' (1x6) con 57 días, de manera consistente con la heterosis respecto progenitor, que fue de -15 días (Cuadro 19).

4.5.2.2.2 Heterosis específica

La heterosis específica, permitió identificar las cruzas de alto rendimiento con mejores resultados agronómicos que los progenitores comerciales.

El mayor rendimiento por hectárea y por planta, así como el mayor número de frutos por planta, y largo y ancho de fruto lo presentaron las cruzas con la mayor heterosis tanto específica (Cuadro 20), como con respecto al mejor progenitor (Cuadro 19).

El mejor cruzamiento fue 'Edena' x 'Westar' (7x5) con 68.2 t·ha⁻¹, 1,092 g·planta⁻¹ y 9.2 frutos por planta de calabacita (Cuadro 7) en 14 cortes acumulados, que superó en 113% a la segunda mejor cruza 'Norton' x 'Itsco' (3x4) y en 107% a la mejor variedad progenitora 'M+M'.

La notable superioridad del híbrido 7x5 ('Edena' y 'Westar'; duplica al segundo mejor híbrido), se explica en parte porque es el que presentó la mayor heterosis tanto específica (S_{ij}) como heterosis con respecto al mejor progenitor (H_{mp}), como consecuencia de que los mayores efectos de ACE (efectos de dominancia de los genes, Cuadro 12), son notablemente superiores a los

efectos de ACG, a los efectos maternos EM y a los efectos recíprocos ER, situación que sólo permite usarla como híbrido F₁.

Cuadro 20. Heterosis específica (S_{ij}) 42 cruzamientos dialélicos (Método I Griffing) de siete variedades comerciales de calabacita tipo round zucchini progenitoras. Chapingo, México, 2007.

i	j	RPH	RPP	FPP	AF	LF	DFM	DFF
1	2	-0.79	-14.11	0.02	-0.62	-0.05	-3.32	-3.23
1	3	-1.20	-20.91	0.32	-0.56	-0.10	-2.12	-2.93
1	4	-5.09	-82.41	-0.27	-0.56	-0.21	-5.22	-5.23
1	5	-10.30	-166.41	-1.13	-0.44	-0.05	-6.42	-5.23
1	6	0.05	-0.31	0.34	-0.32	-0.03	-8.72	-8.63
1	7	-4.59	-75.21	-0.68	-0.50	-0.16	-3.42	-3.33
2	1	-0.09	-2.11	0.32	-0.62	-0.05	-3.52	-4.03
2	3	-4.54	-73.41	-0.22	0.48	-0.10	-3.12	-4.23
2	4	-0.13	-2.91	0.39	-0.42	-0.21	-4.22	-4.53
2	5	-2.94	-47.91	-0.07	-0.40	-0.25	-5.42	-5.53
2	6	2.01	31.19	0.50	-0.48	0.07	-7.72	-6.93
2	7	0.17	1.29	0.28	-0.16	-0.06	-1.42	-1.63
3	1	1.30	19.09	0.52	-0.26	-0.30	-0.22	-0.83
3	2	-0.84	-14.41	0.48	-0.72	0.00	-2.02	-2.33
3	4	4.36	69.29	0.79	-0.46	-0.06	-6.92	-6.33
3	5	-4.95	-79.71	-0.37	-0.64	-0.30	-8.12	-6.33
3	6	2.20	33.39	0.30	-0.62	-0.08	-9.42	-8.73
3	7	0.66	9.49	0.18	-0.60	-0.11	-8.12	-8.43
4	1	3.71	57.59	0.73	-0.46	-0.21	-4.02	-4.43
4	2	-1.93	-32.91	0.09	-0.72	-0.11	-2.82	-2.93
4	3	-0.34	-6.71	0.09	-0.56	-0.06	0.38	0.37
4	5	-4.94	-81.21	-0.46	-0.34	-0.11	-5.92	-4.93
4	6	1.71	25.89	0.61	-0.52	-0.19	-4.22	-5.33
4	7	-7.63	-123.01	-0.91	0.00	-0.12	-2.92	-3.03
5	1	0.50	7.59	0.37	-0.44	-0.25	2.98	2.37
5	2	-3.94	-64.91	-0.47	-0.50	-0.45	-2.82	-2.13
5	3	-7.35	-119.71	-0.77	-0.34	0.10	3.38	3.17
5	4	-2.54	-42.21	-0.06	-0.34	0.09	0.28	0.87
5	6	-2.00	-33.11	0.25	-0.50	-0.23	-0.22	0.47
5	7	-7.64	-124.01	-0.57	-0.28	-0.26	-5.92	-7.23
6	1	-1.75	-29.31	0.14	-0.12	0.17	1.58	2.07
6	2	0.21	1.19	-0.10	-0.38	-0.23	1.78	1.57
6	3	-5.60	-90.61	-0.20	-0.52	-0.28	-1.02	-1.13
6	4	-0.79	-13.11	0.01	-0.22	-0.39	-0.12	0.57
6	5	-6.60	-106.11	-0.65	-0.40	0.37	-2.32	-2.43
6	7	-4.69	-76.91	-0.20	-0.46	-0.34	-2.32	-2.53
7	1	-2.79	-45.21	-0.08	-0.30	-0.16	-2.62	-2.13
7	2	-8.23	-132.71	-0.62	-0.66	0.04	0.58	-0.63
7	3	-4.74	-77.51	-0.52	-0.40	-0.11	2.78	1.67
7	4	-7.43	-120.01	-0.41	-0.60	0.18	-0.32	0.37
7	5	31.66	505.99	4.53	-0.58	-0.06	-6.52	-6.63
7	6	-5.79	-93.91	-0.40	-0.66	-0.24	-3.82	-3.03

Clave de progenitores (I: progenitor femenino, J: progenitor masculino): 1: Caloro, 2: Select Holland, 3: Norton, 4: Itasco, 5: Westar, 6: M-M, 7: Edena; RPH: rendimiento por hectárea (ton); RPP: rendimiento por planta (g); FPP: frutos por planta; AF: ancho de fruto (cm); LF: largo de fruto (cm); DFM: días a floración masculina; DFF: días a floración femenina.

Resultaron también efectos positivos de heterosis específica (Cuadro 20) en rendimiento por hectárea, rendimiento por planta y frutos por planta, en las siguientes cruzas:

3x4 ('Norton' x 'Itesco')

4x1 ('Itesco' x 'Caloro')

2x6 ('Select Hollard' x 'M+M')

4x6 ('Itesco' x 'M+M')

3x7 ('Norton' x 'Edena')

5x1 ('Westar' x 'Caloro')

6x2 ('M+M' x 'Select Hollard')

2x7 ('Select Hollard' x 'Edena')

donde al menos uno de los progenitores, manifestó una heterosis intervarietal positiva (Cuadro 11).

Los resultados del presente estudio en calabacita, al igual que los de Ruiz (2004) en calabaza, Martínez (2004) en jitomate y Magaña (2006) en jitomate, permitieron encontrar cruzamientos dialélicos que superan a las variedades comerciales progenitoras.

La cruza 'Edena' x 'Westar' (7x5) de alto rendimiento agronómico, podría ser usada en programas de mejoramiento por hibridación, además de poder usarla directamente como F_1 en la producción de calabacita, ya que duplicó su productividad respecto a la segunda mejor cruza.

5. CONCLUSIONES

El análisis detectó diferencias significativas entre cruzas, en aptitud combinatoria específica ACE y efectos recíprocos ER, en los siete caracteres agronómicos; mientras que en aptitud combinatoria general ACG y efectos maternos EM, las diferencias significativas sólo ocurrieron en días a floración masculina y femenina.

No se encontró varianza genética aditiva en la población de referencia en los caracteres de rendimiento por planta y por hectárea, ni en longitud de fruto, lo que implica que dicha población no es útil en un programa de mejoramiento por selección, pero muy útil en uno de hibridación por la existencia de varianza de dominancia.

La varianza genética aditiva en frutos por planta, ancho de fruto y días a floración masculina y femenina, fue de menor magnitud que la varianza de dominancia.

En la población de referencia, los caracteres frutos por planta, ancho de fruto y días a floración masculina y femenina, se heredan como sobredominancia.

El mejoramiento genético adecuado para rendimiento y precocidad en la población de referencia, debe ser realizado mediante métodos de hibridación, en función de la sobredominancia como tipo de acción génica que rige la herencia en estos caracteres y a la superioridad de la varianza genética de dominancia que mostró.

La cruz 'Edena' x 'Westar' (7x5) fue la más productiva según el rendimiento ($68.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $1092 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$) y su componente de frutos por planta (9.2 frutos), aunque no fue la más precoz.

La cruz 'Edena' x 'Westar' (7x5), duplicó a la segunda cruz más rendidora 'Norton' x 'Edena' (3x7, $32.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), y aunque aquella cruz presentó efectos de ACG y EM altos y positivos, los efectos de ACG fueron inferiores a los efectos de ACE en rendimiento y sus componentes; lo que sólo hace posible el uso de 'Edena' x 'Westar' como híbrido F_1 , repitiendo la cruz necesariamente.

Las cruas 'Select Hollard' x 'Edena' (2x7), 'Norton' x 'Edena' (3x7) y 'Westar' x 'Caloro' (5x1) mostraron potencial de uso práctico tanto *per se* como en un programa de mejoramiento genético, por su ACG, ACE, heterosis (media, varietal y específica) y por que son competitivas con las variedades comerciales usadas como progenitores.

En la cruz más sobresaliente 'Edena' x 'Westar', la heterosis de la F_1 con respecto su mejor progenitor ('Edena'), fue de 152.6% ($41.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

La heterosis media de los progenitores fue positiva en los caracteres rendimiento por hectárea y por planta; ancho y largo de fruto; días a floración masculina y femenina; y negativa en frutos por planta.

La heterosis varietal en rendimiento por hectárea y por planta fue alta y positiva, en cuatro ('Westar', 'Edena', 'Itsco' y 'Select Hollard') de las siete variedades estudiadas.

Las cuatro cruzas con mayor heterosis específica fueron: 'Select Hollard' x 'Edena', 'Norton' x 'Edena', 'Westar' x 'Caloro' y 'Edena' x 'Westar', entre las que se encuentra la mas sobresaliente en rendimiento 'Edena' x 'Westar' (68.2 t·ha⁻¹ de calabacita en 14 cortes), que duplicó a la segunda mas rendidora 'Norton' x 'Itsco' (32.9 t·ha⁻¹).

Numéricamente, la mejor variedad comercial utilizada como progenitor, según su rendimiento fue 'M+M' (509 g·planta⁻¹; 31.9 t·ha⁻¹); y la de menos rendidora fue 'Westar' (360 g·planta⁻¹; 22.5 t·ha⁻¹).

6. LITERATURA CONSULTADA

- ASERCA. 1999. La calabaza y la calabacita mexicanas en el Mercado norteamericano. *In: Claridades agropecuarias*. No. 76, diciembre de 1999. pp: 1-31.
- Ávila D., J. A. y I. Caamal C. 2004. Situación y perspectivas de algunos cultivos hortícolas (jitomate, chile verde, y calabacita) en el contexto del TLCAN. Universidad Autónoma Chapingo. México. 57 p.
- Burow, M. D. and J.G. Coors. 1994. Diallel: A microcomputer program for the simulation and analysis of diallel crosses. *Agronomy Journal*. 86: 154-58.
- Cockerham, C. C. 1954. An Extension of the concept of partitioning hereditary variance for analysis of covariance among relatives when epistasis is present. *Genetics*. 39:859-882.
- Comstock, R.E. and H. Robinson, F. 1952. Estimation of average of dominance of genes. *Heterosis*. Ames, Iowa State College Press. pp 494-516.
- East, E. M. 1936. *Heterosis*. *Genetics* 21:375-397.
- Economía Competitiva y Generadora de Empleo (2da. Parte). 2007. Informe de gobierno. Anexo estadístico Producción, consumo y superficie sembrada, cosechada y asegurada de los principales productos agropecuarios. *In: http://www.informe.gob.mx/ESTADISTICAS_NACIONALES/?contenido=302*. (Fecha de consulta diciembre de 2007).
- Eisenhart, C. 1947. The assumptions underlying the analysis of variance. *Biometrics*. 3:1-21.
- Gardner, C. O. and S. A. Eberhart. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22(3): 439-452.

- Gardner, C. O. 1967. Simplified methods for estimating constants and computing sums of squares for a diallel cross analysis. *Fitotecnia Latinoamericana*. 4(2): 1-12.
- Griffing, B. 1956a. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity* 10: 31-50.
- Griffing, B. 1956b. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biology Science*. 9: 463-491.
- Hallauer, A. R. 1976. Heterosis: What have we learned, what have we done, and where are we headed? *In: The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. J.G. Coors and S. Pandey (ed). American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Wisconsin, USA. 380 p.
- Kempthorne, O. 1956. The theory of the diallel cross. *Genetics* 41(4): 451-459.
- Kempthorne, O. 1957. *An Introduction to Genetics Statistics*. Hohn Wiley & Sons, New York.
- Magaña L., N. 2006. Comportamiento productivo de poblaciones F_2 y heterosis intervarietal en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado a un racimo. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Horticultura. Fitotecnia. Chapingo. México. 83 p.
- Márquez S., F. 1988. Genotecnia vegetal. Métodos Teoría Resultados. Tomo II. AGT EDITOR, S.A. México. pp: 25-28.
- Martínez G., A. 1983. Diseño y análisis de los experimentos de cruas dialélicas. Centro de cálculo, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 252 p.
- Martínez G., A. 1988a. Diseños experimentales. Editorial Trillas. 1ª. Edición. México. 756 p.
- Martínez G., A. 1988b. Análisis de los experimentos dialélicos a través del procedimiento MATRIZ de SAS. *Comunicaciones en Estadísticas y Computo*. 7(1):1-32.

- Martínez G., A. 1988c. Análisis de los experimentos dialélicos usando algoritmos computacionales para el análisis de experimentos dialélicos. *Comunicaciones en Estadísticas y Computo*. 7(2):1-35.
- Martínez G., A. 1991. Análisis de los experimentos dialélicos a través del procedimiento IML de SAS. *Comunicaciones en Estadística y Cómputo*. 10(2):1-36.
- Martínez S., J. 2004. Heterosis intervarietal y uso de generaciones F₂ de híbridos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis Doctoral en Ciencias. Instituto de Horticultura. Fitotecnia. Chapingo. México. 88 p.
- Mastache L. A., A. 1998. Los mejores predictores lineales e insesgados en diseños de cruza dialélicas. Tesis Doctoral, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 105 p.
- Mastache L., A. A., A. Martínez G. y A. Castillo M. 1999a. Los mejores predictores lineales e insesgados (MPLI) en los diseños uno y tres de Griffing. *Agrociencia*, 33(1):81-90.
- Mastache L., A. A., A. Martínez G. y A. Castillo M. 1999b. Los mejores predictores lineales e insesgados (MPLI) en los diseños uno y tres de Griffing. *Agrociencia*, 33 (3):349-359.
- Molina G., J. 1992. Introducción a la genética de poblaciones y cuantitativa. Algunas implicaciones en genotecnia. AGT EDITOR. México. 349 p.
- Montesinos L., O. A. 2003. Los mejores predictores lineales e insesgados de aptitud combinatoria específica en los diseños de Griffing. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 91p.
- Montesinos L., O. A., A. Martínez G., Mastache L. y G. Rendón S. 2006. Mejor predictor lineal e insesgado combinado para aptitud combinatoria general y análisis combinado de los diseños uno y tres de Griffing. *Fitotecnia Mexicana*. 29 (3):263-270.
- Montesinos L., O. A., A. Mastache L., I. Luna E. y J. F. Hidalgo C. 2007. Mejor predictor lineal e insesgado combinado para aptitud combinatoria

- general y análisis combinado de los diseños uno y tres de Griffing. Técnica agropecuaria en México. 45(2): 131-146.
- Peña L., A., J. D. Molina G., J. Ortiz C., S. Cervantes, F. Márquez S. y J. Sahagún C. 1999. Heterosis intravarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Revista Fitotecnia Mexicana. 22:199-212.
- Ruiz E., A. Sigarroa y J. A. Cruz. 2004. Análisis dialélico del rendimiento y sus principales componentes en variedades de calabaza (*Cucúrbita moschata* Duch) I Tabla dialélica de Griffing. Biología. 18: 65-73.
- Robinson, H. F., R. E. Comstock y P.H. Harvey. 1951. Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implication in selection. Agronomy Journal. 43:282-287.
- Sahagún C., J., C. Villanueva V. 1997. Teoría de las variedades sintéticas formadas con híbridos de cruas simples. Revista Fitotecnia Mexicana. 20:69-79.
- Sahagún C., J., C. Villanueva V. 2003. Coeficiente de endogamia de las variedades sintéticas de cruas dobles. Agrociencia. 37(6): 641-655.
- SIAP. 2007. Indicadores básicos del sector agroalimentario y pesquero. SAGARPA. México. 27 p.
- Schaffer, H. E. and R. A. Usanis. 1989. General least squares analysis of diallel experiments: A computer program. Genetics Dep. Res. Rep.1 North Carolina State University, Raleigh, USA.
- Shull, G. H. 1948 What is 'heterosis'? Genetics 33: 439-446.
- Sprague, G.F. and L.A., Tatum. 1942. General vs. Specific combining ability in single crosses of corn. Journal American Society Agronomy. 34(10):923-932.
- Stern, C. 1948. Negative heterosis and decreased effectiveness of alleles in heterozygotes. Genetics. 33:215.
- Villanueva V., C., F. Castillo G. y J. D. Molina G. 1994. Aprovechamiento de cruzamientos dialélicos entre híbridos comerciales de maíz: Análisis de progenitores y cruas. Revista Fitotecnia Mexicana. 17:175-185.

- Villanueva V., C. 1995. Estudios de la reacción del maíz al carbón común o huitlacoche (*Ustilago maydis*). Tesis Doctoral en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo. México. 133 p.
- Yates, F. 1947. Analysis of data from all possible reciprocal crosses between a set of parental lines. *Heredity* 1: 287-301.
- Zhan, Y. and M. S. Kang. 1997. Diallel-SAS: A SAS program for Griffing's diallel analysis. *Agronomy Journal*. 89(2): 176-182.

ANEXO

Programa de cómputo desarrollado en SAS-IML, para analizar los diseños uno y tres de Griffing, según Montesinos *et al* (2006).

```
DATA MASTACHE;
OPTIONS PS=60 PAGENO=1 NODATE NONUMBER;
INPUT CRUZA I J DIALELO REP Y;
CARDS;

-----DATOS-----

TITLE"LOS MPLI EMPIRICOS EN LOS DISENOS 1 Y 3 DE GRIFFING";
PROC IML;SORT MASTACHE OUT=NUEVO BY CRUZA;USE NUEVO;READ ALL INTO MATRIZ;
CRUZA=MATRIZ[,1];A=MATRIZ[,2];B=MATRIZ[,3];REP=MATRIZ[,5];N=NROW(MATRIZ);
UNO=J(N,1,1);CERO=J(N,1,0);MDIS=DESIGN(CRUZA);
X=UNO|MDIS;XX=X`*X;XXIG=GINV(XX);M=X`XXIG*X`;
BLOQ=DESIGN(REP);W=X|BLOQ;WW=W`*W;WINV=GINV(WW);WWW=W`WINV*W`;IDEN=I(N);
Z=MDIS;ZZ=Z`*Z`;FIJO=UNO|BLOQ;A0=DESIGN(A);B0=DESIGN(B);
T=NCOL(MDIS);R=MAX(REP);P=MAX(B);NC=NCOL(MATRIZ);IF ANY (A=B) THEN Q=1;ELSE Q=0;
IF Q=1 THEN PRINT "DISENO 1 DE GRIFFING";ELSE PRINT "DISENO 3 DE GRIFFING";
AB=A0+B0;X0=UNO|AB;X0X0=X0`*X0;X0IG=GINV(X0X0);M0=X0`X0IG*X0`;
DIAL=MATRIZ[,4];D=DESIGN(DIAL);DD=D`*D;D0=D*(GINV(DD))*D`;DIA=MAX(DIAL);
Zp=AB;ZpZp=Zp`*Zp;Zm=A0-B0;ZmZm=Zm`*Zm;MAB=Zm*GINV(ZmZm)*Zm`;
S=D*D`;E=I(N);J=UNO;Sm=2*(MDIS*MDIS`)-S;
PRINT N T R P;
TITLE"ANALISIS DE VARIANZA";
FV=J(8,5,.);UN=J(P,1,1);PROG=J(P,4,.);PPP=J(P,1,.);PRG=PROG;
DO LLL=1 TO P BY 1;PPP[LLL,1]=LLL;END;
DO F=6 TO NC BY 1;
VARIABLE=F-5;
Y=MATRIZ[,F];
FC=(UNO`*Y)**2/N;MEDIA=UNO`*Y/N;SCTOT=Y`*Y-FC;
SCE=Y*(IDEN-WWW)*Y;CME=SCE/((R-1)*(T-1));CV=(CME**.5)*100/MEDIA;
SCB=Y*(WWW-M)*Y;CMB=SCB/(R-1);FBLOQ=CMB/CME;
SCCRUZA=(Y`*M*Y)-FC;CMCRUZA=SCCRUZA/(T-1);FCRUZA=CMCRUZA/CME;
SCACE=Y*(D0-M0)*Y;CMACE=SCACE/(P*(P-1)/2)+P*(Q-1);FACE=CMACE/CME;
SCACG=(Y`*M0*Y)-FC;CMACG=SCACG/(P-1);FACG=CMACG/CMACE;
SCMEM=Y`*MAB*Y;SCER=SCCRUZA-(SCACG+SCACE=SCMEM);CMEM=SCMEM/(P-1);
CMER=SCER/((P-1)*(P-2)/2);FEM=CMEM/CMER;FER=CMER/CME;
GLBLOQ=(R-1);GLCRUZA=(T-1);GLACG=(P-1);GLACE=(P*(P-1)/2+P*(Q-1));GLE=((R-1)*(T-1));
GLEM=(P-1);GLER=((P-1)*(P-2)/2);
PROBBLOQ=1-PROBF(FBLOQ,GLBLOQ,GLE);
PROBCRUZA=1-PROBF(FCRUZA,GLCRUZA,GLE);
PROBACG=1-PROBF(FACG,GLACG,GLACE);
PROBACE=1-PROBF(FACE,GLACE,GLE);
PROBEM=1-PROBF(FEM,GLEM,GLER);
PROBER=1-PROBF(FER,GLER,GLE);
FV[1,1]=R-1;FV[2,1]=T-1;FV[3,1]=P-1;FV[4,1]=P*(P-1)/2+P*(Q-1);FV[5,1]=P-1;
FV[6,1]=(P-1)*(P-2)/2;FV[7,1]=(R-1)*(T-1);FV[8,1]=R*T-1;
FV[1,2]=SCB;FV[2,2]=SCCRUZA;FV[3,2]=SCACG;FV[4,2]=SCACE;FV[5,2]=SCMEM;
FV[5,2]=SCMEM;FV[6,2]=SCER;FV[7,2]=SCE;FV[8,2]=SCTOT;
FV[1,3]=CMB;FV[2,3]=CMCRUZA;FV[3,3]=CMACG;FV[4,3]=CMACE;FV[5,3]=CMEM;FV[6,3]=CMER;FV[7,3]=CME;
FV[1,4]=FBLOQ;FV[2,4]=FCRUZA;FV[3,4]=FACG;FV[4,4]=FACE;FV[5,4]=FEM;FV[6,4]=FER;
FV[1,5]=PROBBLOQ;FV[2,5]=PROBCRUZA;FV[3,5]=PROBACG;FV[4,5]=PROBACE;FV[5,5]=PROBEM;FV[6,5]=PROBER;
CCC={"GL" "SC" "CM" "F" "Pr>F"};
DDD={"BLOQUES" "CRUZAS" "ACG" "ACE" "EM" "ER" "ERROR" "TOTAL"};
TITLE"ESTIMACION DE LAS COMPONENTES DE VARIANZA";
VARE=CME;VARr=(CMER-CME)/(2*R);VARm=(CMEM-CMER)/(2*R*P);
IF VARr>0 THEN VARr=VARr; ELSE VARr=0; IF VARm>0 THEN VARm=VARm; ELSE VARm=0;
IF Q=1 THEN VARs=(CMACE-CME)*P*P/(2*R*(P*P-P+1)); ELSE VARs=(CMACE-CME)/(2*R);
```

```

IF Q=1 THEN VARG=(CMACG-(2*R*(P-1)*VARs/P)-CME)/(2*R*P); ELSE VARG=(CMACG-CMACE)/(2*R*(P-2));
IF VARs>0 THEN VARs=VARs; ELSE VARs=0; IF VARG>0 THEN VARG=VARG; ELSE VARG=0;
RR=(VARs/VARE)*S+E; GRR=GINV(RR); V=R*VARE/(VARE+R*VARs); VV=2*R*VARE/(VARE+2*R*VARs);
RI=(VARr/VARE)*Sm+E; GRI=GINV(RI);

TITLE"EMC, EMCG Y EL MPLI DE GI Y DE MI";
MU=INV(J`*GRR*J)*J`*GRR*Y;
EMCG=GINV(Zp`*Zp)*Zp`*(Y-MEDIA*J); EMCGG=GINV(Zp`*GRR*Zp)*Zp`*GRR*(Y-MU*J);
IF VARG>0 THEN K=(4*V*Q+(P-2)*VV)*VARG/(VARE+(4*V*Q+(P-2)*VV)*VARG); ELSE K=1;
MPLIg=K*EMCGG; MPLIMED=MPLIg+MEDIA*UN;
PROG[,1]=EMCG; PROG[,2]=EMCGG; PROG[,3]=MPLIg; PROG[,4]=MPLIMED;
EEE={"EMC" "EMCG" "MPLI" "MPLI+MEDIA"}; FFF=CHAR(PPP,3,0);
EEEM={"EMC" "EMCG" "MPLI" "MPLI+MEDIA"}; FFFM=CHAR(PPP,3,0);
IF VARm>0 THEN KK=(2*R*P*VARm)/(VARE+2*R*VARr+2*R*P*VARm); ELSE KK=1;
EMCm=GINV(Zm`*Zm)*Zm`*Y; EMCGm=GINV(Zm`*GRI*Zm)*Zm`*GRI*Y; MPLIm=KK*EMCGm;
PRG[,1]=EMCm; PRG[,2]=EMCGm; PRG[,3]=MPLIm; PRG[,4]=MPLIm+MEDIA*UN;
TITLE"MATRIZ DISEÑO PARA LOS EFECTOS RECIPROCOS (Zr)";
OSV1=B-A;
OSV1[LOC(OSV1<0)]=-1; OSVV=OSV1; OSVV[LOC(OSVV>0)]=1;
DIAL=OSVV#DIAL;
RECIPRO1=J(N,DIA,.); DO OSV=1 TO DIA; DO CCCC=1 TO N;
IF DIAL[CCCC,1]=OSV THEN RECIPRO1[CCCC,OSV]=1; ELSE RECIPRO1[CCCC,OSV]=0;
END;END;
RECIPRO2=J(N,DIA,.); DO OSV=1 TO DIA; DO CCCC=1 TO N;
IF -DIAL[CCCC,1]=OSV THEN RECIPRO2[CCCC,OSV]=1; ELSE RECIPRO2[CCCC,OSV]=0;
END;END;
Zr=RECIPRO1-RECIPRO2;

TITLE"EMC Y MPLI DE ACE Y DE ER";
BLUPSACE=J(DIA,4,.); YYY=J(DIA,1,.);
DO BBB=1 TO DIA BY 1; YYY[BBB,1]=BBB; END; BLUPSER=BLUPSACE;
UNN=J(DIA,1,1); Zs=D; Zg=Zp; MEDD=MEDIA*UNN;
IF VARG>0 THEN Gg=(VARG/VARE)*I(P); ELSE Gg=0*I(P);
IF VARs>0 THEN IGs=(VARE/VARS)*I(DIA); ELSE IGs=0*I(DIA);
R1=Zg*Gg*Zg`+E; IR1=GINV(R1); MU=INV(UNO`*IR1*UNO)*UNO`*IR1*Y;
EMCd=GINV(Zs`*Zs)*Zs`*(Y-UNO*MEDIA);
EMCGd=GINV(Zs`*IR1*Zs)*Zs`*IR1*(Y-UNO*MEDIA);
MPLIs=GINV(Zs`*E*Zs+IGs)*Zs`*E*(Y-UNO*MEDIA-Zg*MPLIg);
MPLIMEDD=MPLIs+MEDD;
EMCs=EMCd-(Zs`*Zg/R)*EMCG;
EMCGs=EMCGd-(Zs`*Zg/R)*EMCGG;
BLUPSACE[,1]=EMCs; BLUPSACE[,2]=EMCGs; BLUPSACE[,3]=MPLIs;
BLUPSACE[,4]=MPLIMEDD;
Zf=Zr; Zm=Zm; Zg=Zp; IF VARm>0 THEN Gm=(VARm/VARE)*I(P); ELSE Gm=I(P);
IF VARr>0 THEN IGr=(VARE/VARR)*I(DIA); ELSE IGr=0*I(DIA);
Rf=Zm*Gm*Zm`+E; IRf=GINV(Rf); IGr=IGr;
EMCdd=GINV(Zr`*Zr)*Zr`*Y;
EMCGdd=GINV(Zr`*IRf*Zr)*Zr`*IRf*Y;
MPLIr=GINV(Zf`*E*Zf+IGr)*Zf`*E*(Y-Zm*MPLIm);
EMCr=EMCdd-(Zs`*Zm/R)*EMCm;
EMCGr=EMCGdd-(Zs`*Zm/R)*EMCGm; MPLIRMEDD=MPLIr+MEDD;
BLUPSER[,1]=EMCr; BLUPSER[,2]=EMCGr; BLUPSER[,3]=MPLIr;
BLUPSER[,4]=MPLIRMEDD;
LLL={"EMC" "EMCG" "MPLI" "MPLI+MEDIA"}; KKK=CHAR(YYY,3,0);
TITLE"EMC Y MPLI DE LOS EFECTOS DE CRUZAS";
BLUPSCRUZAS=J(T,4,.); YYY=J(T,1,.);
DO BBBB=1 TO T BY 1; YYY[BBBB,1]=BBBB; END; UNNN=J(T,1,1);
MEDDD=MEDIA*UNNN;
EGGGG=Zg*MPLIg; ESSSS=Zs*MPLIs;
EPPPP=EGGGG+ESSSS; MPLICC3=Z`*EPPPP*(1/R);
EMMMM=Zm*MPLIm; ERRRR=Zr*MPLIr; ECCCC=EMMMM+ERRRR;
MPLICC4=Z`*ECCCC*(1/R);
MPLIC=MPLICC3+MPLICC4;
EMCc=(Z`*Zs/R)*EMCd+(Z`*Zr/R)*EMCdd;
EMCGc=(Z`*Zs/R)*EMCGd+(Z`*Zr/R)*EMCGdd;
MPLICMEDDD=MPLIC+MEDDD;
BLUPSCRUZAS[,1]=EMCc; BLUPSCRUZAS[,2]=EMCGc;
BLUPSCRUZAS[,3]=MPLIC; BLUPSCRUZAS[,4]=MPLICMEDDD;
LLL1={"EMC" "EMCG" "MPLI" "MPLI+MEDIA"}; KKK1=CHAR(YYY,3,0);
TITLE"LA MATRIZ DE COEFICIENTES: C DE ACG Y EM";

```

```

IF VARG>0 THEN INVGp=(VARE/VARG)*I(P); ELSE INVGp=0*I(P);
CC1=(UNO`*GRR*UNO)|| (UNO`*GRR*Zp);
CC2=(UNO`*GRR*Zp)`|| ((Zp`*GRR*Zp)+INVGp); CC3=CC1`||CC2`;
CCCACG=GINV(CC3);
IF VARm>0 THEN INVGm=(VARE/VARm)*I(P); ELSE INVGm=0*I(P);
CC4=Zm`*GRI*Zm+INVGm; CCCEM=GINV(CC4);
TITLE"LA MATRIZ DE COEFICIENTES: C DE ACE Y ER";
IF VARS>0 THEN INVGs=(VARE/VARS)*I(DIA); ELSE INVGs=0*I(DIA);
CC01=(UNO`*IR1*UNO)|| (UNO`*IR1*Zs);
CC02=(UNO`*IR1*Zs)`|| ((Zs`*IR1*Zs)+INVGs); CC03=CC01`||CC02`;
CCCACE=GINV(CC03);
CC04=Zr`*IRf*Zr+IGf; CCCER=GINV(CC04);
TITLE"IMPRESION DE RESULTADOS";
PRINT VARIABLE;
PRINT "CUADRO1.ANALISIS DE VARIANZA";PRINT FV[ROWNAME=DDD COLNAME=CCC];
PRINT MEDIA[FORMAT=12.5] CV[FORMAT=12.5]; PRINT;;
PRINT "ESTIMACION DE LAS COMPONENTES DE VARIANZA";
PRINT VARE[FORMAT=12.5] VARr[FORMAT=12.5] VARm[FORMAT=12.5] VARS[FORMAT=12.5]
VARG[FORMAT=12.5];
PRINT ,; PRINT MU[FORMAT=12.5]; PRINT/;
PRINT "CUADRO2.ESTIMACION PREDICCIÓN DE ACG";
PRINT PROG[ROWNAME=FFF COLNAME=EEE FORMAT=12.5]; PRINT,;
PRINT K[FORMAT=12.5]; PRINT,;
PRINT "CUADRO3.ESTIMACION Y PREDICCIÓN DE EM";
PRINT PRG[ROWNAME=FFFM COLNAME=EEEM FORMAT=12.5]; PRINT,; PRINT KK[FORMAT=12.5]; PRINT/;
PRINT "CUADRO4.ESTIMACION Y PREDICCIÓN DE ACE";
PRINT BLUPSACE[ROWNAME=KKK COLNAME=LLL FORMAT=12.5]; PRINT,;
PRINT "CUADRO5.ESTIMACION Y PREDICCIÓN DE ER";
PRINT BLUPSER[ROWNAME=KKK COLNAME=LLL FORMAT=12.5]; PRINT/;
PRINT "CUADRO6.ESTIMACION Y PREDICCIÓN DEL EFECTO DE CRUZAS";
PRINT BLUPSCRUZAS [ROWNAME=KKK11 COLNAME=LLL11 FORMAT=12.5]; PRINT/;
PRINT "LA MATRIZ DE COEFICIENTES: C DE ACG";
PRINT CCCACG[FORMAT=7.3]; PRINT,;
PRINT "LA MATRIZ DE COEFICIENTES: C DE EM";
PRINT CCCEM[FORMAT=7.3]; PRINT/;
PRINT "LA MATRIZ DE COEFICIENTES: C DE ACE";
PRINT CCCACE[FORMAT=5.3]; PRINT,;
PRINT "LA MATRIZ DE COEFICIENTES: C DE ER";
PRINT CCCER[FORMAT=5.3]; PRINT/;
END;
QUIT;

```