

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS EN CHILE
JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.) PARA CARACTERÍSTICAS
AGRONÓMICAS

JOSÉ ROBERTO AUGUSTO DORANTES GONZÁLEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO



Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA

NOVIEMBRE DE 2008

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS EN CHILE JALAPEÑO (*Capsicum
annuum L.*) PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

TESIS

POR

JOSÉ ROBERTO AUGUSTO DORANTES GONZALEZ

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular De Asesoría y aprobada como
requisito parcial para optar al grado de:

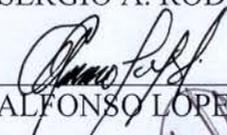
DOCTORADO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

COMITÉ PARTICULAR

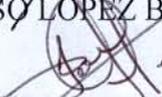
Asesor Principal


DR. SERGIO A. RODRIGUEZ HERRERA

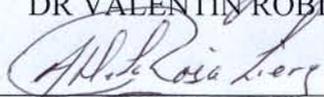
Asesor:


DR. ALFONSO LOPEZ BENITEZ

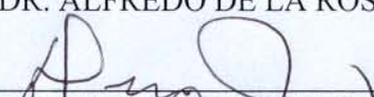
Asesor:

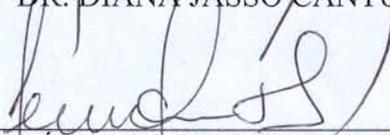

DR. VALENTIN ROBLEDO TORRES.

Asesor:


DR. ALFREDO DE LA ROSA LOERA

Asesor:


DR. DIANA JASSO CANTU


DR. JERÓNIMO LANDEROS FLORES
DIRECTOR DE POSTGRADO.

BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA
NOVIEMBRE DE 2008

AGRADECIMIENTOS

- ◇ *A Dios por haberme regalado la oportunidad de ver llegar el momento en que se cumple esta meta.*
- ◇ *A mis Padres por su apoyo incondicional y haber sido el pilar para culminar esta meta.*
- ◇ *A mis hermanas que con su ayuda y comprensión me han alentado a seguir adelante.*
- ◇ *A “CONACYT” por el apoyo económico brindado para la realización de la presente tesis y mis estudios de postgrado.*
- ◇ *A mi “Alma Mater” por haberme brindado la oportunidad de la superación.*
- ◇ *Al Dr. Sergio A. Rodríguez Herrera por su amistad, colaboración, confianza y apoyo para realizar el presente trabajo de tesis.*
- ◇ *Al Dr. Alfonso López Benitez por su amistad, confianza y colaboración para llevar a buen término el presente trabajo.*
- ◇ *Al Dr. Valentín Robledo Torres por su apoyo y disponibilidad para realizar el presente trabajo.*
- ◇ *Al Dr. Alfredo De La Rosa Lóera por su amistad, colaboración, apoyo, regaños y aliento para realizar este trabajo.*
- ◇ *A la Dr. Diana Jasso Cantú por su apoyo y colaboración para la realización de este trabajo.*

- ◇ *AL M.C. Moisés Ramírez Meras por su apoyo y ayuda para la realización del trabajo de campo.*
- ◇ *Al CESTAM por su disponibilidad para la realización del trabajo de campo.*
- ◇ *A mis compañeros y amigos de Fitomejoramiento los que estuvieron conmigo en el devenir de los días de universidad y que compartieron el pan y la sal conmigo no solo en las aulas sino también fuera de ellas.*
- ◇ *A mis amigos Dr. Alfredo Josué Gámez Vázquez, Dr. Miguel Ángel Avila Perches, Dr. Francisco Javier Cárdenas Flores, Dr. Víctor M. Parga Torres, Ing. Pedro Bautista Redondo. Ing. Ramón Bautista Redondo, por su amistad disponibilidad y buen animo durante mi estancia en esta Universidad.*
- ◇ *A mis Amigas M.C. Cristina Patricia Aguilar Aranda, M.C. Roció E. Hernández Caldera, M.C. Rosa Guerrero Chavez por su amistad y apoyo.*
- ◇ *A todas las personas que directa o indirectamente influyeron para poder llevar a buen fin este trabajo.*
- ◇ *A mis compañeros y amigos del Departamento de Fitomejoramiento.*
- ◇ *A mis maestros de los diferentes cursos y áreas de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”*
- ◇ *Finalmente a la vida por ser la muda observadora de los logros realizados por todos los deambulamos por ella.*

DEDICATORIA

A mis Padres:

M.C. José C. Dorantes de la Rosa.

Ma. Enriqueta Lucía González Zamora

A mis hermanas:

M.C. Adriana Lucía Patricia Dorantes González

Lic. Claudia Lorena del Rocío Dorantes González

A mi sobrino:

Enrique Guillermo Alfonso G. Dorantes

A la memoria de mis abuelos:

Paternos

José Dorantes Mercado (†)

Maria de la Rosa Infante (†)

Maternos

Alfonso González Valdez (†)

Agustina Zamora Cisneros (†)

A mis Maestros.

A mis Compañeros de la Universidad

A mis Amigos.

A mi “ALMA MATER”

A la Memoria del Doctor Gaspar Martínez Zambrano (†)

COMPENDIO

**ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS EN CHILE JALAPEÑO
(*Capsicum annuum L.*) PARA CARACTERÍSTICAS AGRONOMICAS**

POR

JOSÉ ROBERTO AUGUSTO DORANTES GONZALEZ

DOCTORADO EN

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA, JUNIO 2008

DR. SERGIO A. RODRIGUEZ HERRERA

**Palabras clave: Chile Jalapeño; Aptitud Combinatoria General; Aptitud (ACG);
Combinatoria Específica (ACE); Heterosis; Gardner y Eberhart; Biplot.**

El chile (*Capsicum spp.*) es una de las hortalizas de mayor importancia económica y nutricional. Se estima que una de cada cuatro personas consume diariamente chile en el mundo. China es el principal país productor de chile, seguido por México, Turquía, España, Estados Unidos y Nigeria. La producción a escala mundial se ha incrementado gradualmente en los últimos 10 años con una tasa de crecimiento promedio anual de 6.26% (Pozo, 2001; Elizondo, 2002).

México es considerado uno de los principales centros de origen del chile, dada la gran diversidad de tipos de chile cultivados y silvestres que hay en el país en una amplia gama que va desde muy picantes hasta las variedades dulces con una distribución desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm (Laborde y Pozo, 1984).

La presente investigación se dividió en dos partes. La primera fue la obtención de Cruzas la cual fue llevada a cabo en los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. La segunda parte fue llevada a cabo en el campo experimental Sur de Tamaulipas (CESTAM) que se encuentra localizado en la Estación Cuahutemoc, en el área conocida como la “Huasteca”. Se utilizaron cinco líneas de Chile Jalapeño del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para hacer Cruzas dialélicas, obteniéndose diez híbridos que fueron evaluados en el CESTAM.

Los Objetivos explorar el potencial genético de cruzas las intra-raciales como estrategia de mejoramiento de chile jalapeño, conocer el comportamiento de los

parámetros genéticos (ACG, ACE y heterosis) para rendimiento y caracteres agronómicos en las cruzas intra-raciales en Chile jalapeño.

El análisis de varianza mostró que no hubo diferencias significativas para altura de planta. Existieron diferencias significativas entre Cruzas y padres para la característica días a inicio de floración, y para heterosis específica, heterosis varietal y heterosis promedio. El progenitor con la mejor ACG fue el uno con -3.533 con una alta significancia ($p > 0.01$) y el progenitor que mostró la ACG menos favorable fue el cuatro con 3.800 ($p > 0.01$) la craza con la mejor ACE fue a 2*3 con -4.250 ($p > 0.01$) y la craza con la menor ACE fue 1*2, la heterosis para esas Cruzas fue de -8.682 y -3.537 respectivamente.

Para días a principio de cosecha mostraron alta significancia ($p > 0.01$) para Cruzas y progenitores, variedades, heterosis, heterosis promedio y para heterosis específica mostraron significancia ($p > 0.05$) el progenitor uno mostró -4.200 de ACG ($p > 0.01$) y el progenitor cuatro obtuvo 4.467 ACG ($p > 0.01$) la mejor craza fue 2*3 con -3.250 ACE ($p > 0.05$) la craza con la ACE menos favorable fue 1*2 con 4.917 ($p > 0.05$) la heterosis para el mejor progenitor fue de -2.317 para el padre dos y la menos favorable fue para el cinco con 2.350. la mejor craza para heterosis fue 2*4 con -7.004. Cabe mencionar que para días a inicio de floración, y días a inicio de cosecha los valores negativos son mejores ya que esto asegura precocidad en los materiales evaluados.

En el número total de frutos existieron valores muy altos de heterosis 107.874 y 151.493 por ciento los cuales correspondieron a las cruzas 1x5 y 4x5, y el progenitor en común es el cinco. Mismas que se repitieron para peso total de frutos.

Los resultados del análisis biplot coincidieron con los resultados obtenidos en el análisis de Gardner y Eberhart, con lo que se demuestra que el biplot es una manera sencilla de visualizar los resultados de un análisis dialélico con lo que se puede predecir de una manera confiable cuales serán las mejores cruzas, los progenitores con un desempeño mas deseable tanto para ACE como para ACG.

ABSTRACT

**Estimation of Genetic Parameters on Jalapeño Pepper (*Capsicum
annuum L.*) FOR AGRONOMIC TRAILS.**

BY

JOSÉ ROBERTO AUGUSTO DORANTES GONZALEZ

DOCTORATE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA, JUNE 2008

DR. SERGIO A. RODRIGUEZ HERRERA

**Key Words: Jalapeño pepper; General Combining ability (GCA); Specific
Combining ability (SCA); Heterosis, Gardner and Eberhart; Biplot**

The hot pepper (*Capsicum spp*) is one of the vegetables of great economic and nutritional importance. It is estimated that from every four people, one consumes hot pepper on a daily basis in the world. China is the main hot pepper producer, followed by México, Turkey, Spain, USA and Nigeria. The world production has been increasing in the last 10 years with a growing average annual rate of 6.26 percent.

Mexico is considered one of the principal origin centers of hot pepper. This is due to the great diversity of cultivated and wild, hot peppers that can be found in our country. In a great variety from very hot ones to sweet varieties with a distribution from the sea level to 2500 msl.

This research was divided into two parts. The first was the obtention of the crosses, which was carried out in the greenhouses at UAAAN. The second part was carried out in the experimental station "Sur de Tamaulipas" (CESTAM) that is localized in Cuahutemoc Station in the area called the "Huasteca". Five lines of Jalapeño pepper from INIFAP were used, to make the diallelic crosses. Ten hybrids were obtained and evaluated at CESTAM.

The objectives were to explore the genetic potential of intra racial crosses as a plant breeding strategy for jalapeño pepper. To know the behavior of the genetic parameters (GCA, SCA and Heterosis) for yield and agronomic traits in the intra racial crosses in jalapeño.

The variance analysis showed that there were not significant differences for plant height. There were significant differences among crosses and parents for the trail days to blooming, and for specific heterosis, varietal heterosis and average heterosis. The parent with the highest GCA was number one with -3.533 with high significance ($p>0.01$) and the parent that showed the less favorable GCA was number four with 3.800 ($p>0.01$) and the cross with the least SCA was 1*2 the heterosis for these crosses was -8.682 and -3.537 respectively.

For days to begin harvest showed high significance ($p>0.01$) for crosses and parents; varieties, heterosis, average heterosis and for specific heterosis showed significance ($p>0.05$) the parent one showed -4.467 GCA ($p>0.01$) and the parent four got 4.467 GCA ($p>0.01$) the best cross was 2*3 with a SCA of -3.250 ($p>0.05$) the cross with the least favorable SCA was 1*2 with 4.917 ($p>0.05$) the heterosis for the most highest parent was -2.317 and the least favorable was 2.350 for parent five. The best cross for heterosis was 2*4 with -7.004.

It's good to mention that for days to begin of blooming and days to begin of harvest the negative values are better because this insured precocity in the evaluated materials.

In the total number of fruit existed very high heterosis values 107.874 and 151.493 per cent which corresponded to the crosses 1*5 and 4*5 and the common parent was number five. These were repeated for fruit total weight.

The results of the biplot analysis coincides with the obtained results in the Garndner and Eberhart analysis it is demonstrated with this that the biplot is an easy way to visualize the results of a dialelic analysis and it can predict in a trustable way the best crosses, and the parents with a more desirable performance both for SCA and GCA.

INDICE

Introducción.....	1
Objetivos.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivo Especifico	2
Hipótesis.....	3
Revisión de literatura.....	4
Generalidades	4
Heterosis.....	6
Dialélicos.....	13
Aptitud Combinatoria General.....	15
Aptitud Combinatoria Específica.....	16
Análisis Biplot.....	17
Material es y Métodos.....	20
Ubicación de los invernaderos.....	20
Ubicación del campo de evaluación.....	20
Clima.....	21
Suelo.....	21
Altitud.....	22
Material Germoplásmico.....	22
Siembra en charolas y trasplante a bancales de invernadero.....	23
Siembra en charolas de la semilla híbrida.....	23

El modelo lineal aditivo.....	24
Variables evaluadas.....	25
Resultados y Discusión.....	27
Conclusiones.....	45
Resumen.....	48
Literatura Citada.....	51

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag.
3.1	Progenitores empleados en los cruzamientos.....	22
3.2	Formación de los híbridos en base a los progenitores utilizados.....	23
4.1	Análisis de varianza. Cuadrados medios y su significancia para las características Altura de Planta, Días a inicio de Floración, Días a inicio de Cosecha, Longitud de Fruto, Diámetro de Fruto, Peso Individual de Fruto, Numero Total de Frutos.....	28
4.2	Cuadrados medios y su significancia para las características medidas, mediante el método de Gardner y Eberhart	32
4.3	Cuadro de concentración de ACG y ACE para los progenitores y cruza respectivamente con sus significancias.....	35
4.4	Cuadro de concentración de la heterosis presentada por las diferentes cruza así como la heterosis varietal, las medias de los progenitores, la media para los progenitores y la media para las cruza.....	38

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pag.
4.1	Biplot para ACG y ACE de cinco progenitores para la variable Peso Total de Frutos.....	43
4.2	Biplot basado en los datos del dialélico de cinco genotipos y sus cruzas posibles en chile jalapeño para la variable Peso Total de Frutos.....	44

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum spp.*) es una de las hortalizas de mayor importancia económica y nutricional. Se estima que una de cada cuatro personas consume diariamente chile en el mundo. China es el principal país productor de chile, seguido por México, Turquía, España, Estados Unidos y Nigeria. La producción a escala mundial se ha incrementado gradualmente en los últimos 10 años con una tasa de crecimiento promedio anual de 6.26% (Pozo, 2001; Elizondo, 2002).

El chile es un complejo de especies, muchas de ellas cultivadas en nuestro país; sin embargo, la especie más ampliamente cultivada es *Capsicum annum*, dentro de la cual, a su vez, existe una gran diversidad de tipos o razas de chile que tienen su identidad propia en cuanto a forma, sabor, color, tamaño y pungencia. Los tipos más popularmente consumidos en México son: serrano, jalapeño, ancho o poblano, pasilla o chilaca, y puya o guajillo o mirasol (Pozo y Ramírez, 1994). En nuestro país, los chiles son de las hortalizas más importantes, con un área sembrada de 160 mil hectáreas, cuyo valor de la producción supera los 8 mil millones de pesos y destacando como principales tipos de chile los jalapeños, guajillos, anchos, serranos y habaneros (SIAP, 2007).

En la teoría clásica del fitomejoramiento, una de las estrategias más socorridas por los mejoradores es la explotación de los efectos de heterosis, que se generan cuando se cruzan materiales pertenecientes a diferentes grupos genéticamente divergentes, denominados por este hecho, grupos heteróticos. El uso de esta estrategia de mejoramiento ha sido explorada en el mejoramiento de una gran variedad de cultivos, tales como el maíz, trigo, haba, triticale y alfalfa, con resultados muy alentadores, lo que deja de manifiesto la necesidad de diseñar estrategias no convencionales de mejoramiento genético de Chile, con el propósito de potencializar la eficiencia en la formación de nuevas variedades con propiedades cosméticas y organolépticas mejoradas. Razón por la que se puede explotar la heterosis en las cruzas dentro de Chile jalapeño con progenitores de amplia base genética, para obtener híbridos más uniformes, con mejor rendimiento y más precoces.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Conocer el comportamiento de los parámetros genéticos (ACG, ACE y heterosis) para rendimiento y caracteres agronómicos en las cruzas intra-raciales en Chile jalapeño.

Objetivo específico:

Explorar el potencial genético de las cruzas intra-raciales como estrategia de mejoramiento de Chile jalapeño.

Hipótesis:

1. Existe variación en el tipo de efecto genético que interviene en la expresión de características agronómicas en el cultivo de chile
2. Hay diferencias en heterosis al cruzar diversos progenitores de chile.
3. Es posible detectar cruzas de chile jalapeño con características agronómicas sobresalientes y alto rendimiento

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades

Dentro de la familia Solanaceae se encuentra el género *Capsicum*, y se ubican otros cultivos de importancia económica como lo son tomate, papa, tabaco y berenjena. El género *Capsicum* es endémico del hemisferio occidental y la durante la época precolombina se extendió desde la frontera meridional de los Estados Unidos hasta la zona templada del sur de Sudamérica (Heiser, 1976).

El chile es un complejo de especies, muchas de ellas cultivadas en nuestro país; sin embargo, la especie más ampliamente cultivada es *Capsicum annum*, dentro de la cual, a su vez, existe una gran diversidad de tipos o razas de chile que tienen su identidad propia en cuanto a forma, sabor, color, tamaño y pungencia. Los tipos más popularmente consumidos en México son: serrano, jalapeño, ancho o poblano, pasilla o chilaca, y puya o guajillo o mirasol (Pozo y Ramírez, 1994). En nuestro país, los chiles son de las hortalizas más importantes, con un área sembrada de 160 mil hectáreas, cuyo valor de la producción supera los 8 mil millones de pesos y destacando como principales tipos de chile los jalapeños, guajillos, anchos, serranos y habaneros (SIAP, 2007).

La superficie mundial de chile es de alrededor de un millón 250 mil hectáreas, que dan una producción superior a los 16 millones 600 mil toneladas, siendo México el tercer productor mundial con una superficie de 110,000 ha y una producción de 1'118,924 t, el primer lugar lo ocupa china con 7'025,360 t y el segundo Turquía con 1'390,000 t es interesante destacar el incremento del consumo mundial de esta especia, que de 1994 a 1998 fue de 21%; así también, según información de Estados Unidos, desde hace más de 10 años ha tenido un incremento anual de 12 % en ese país (Pozo 2001).

México es considerado como uno de los posibles centros de origen del chile, dada la gran diversidad genética en los tipos de chile cultivados y silvestres que existen en el país y que da lugar a una amplia gama de colores y sabores, estos últimos van desde muy picantes hasta las variedades dulces con una distribución desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm (Laborde y Pozo, 1984).

Entre las principales hortalizas que México produce se encuentran el tomate, la papa, el melón, la sandía y los chiles, siendo la superficie cultivada de estos últimos para 1992 de 73 mil 164 ha, con una producción de 847 mil 503 toneladas (Yahia, 1995). Dentro de los productos hortícolas, el chile es el tercer cultivo más importante en México, precedido únicamente por el tomate y la papa.

El germoplasma de chile es un grupo de especies, muchas de ellas cultivadas en nuestro país; sin embargo, la especie más ampliamente cultivada es *Capsicum*

annuum, dentro de la cual, a su vez, existe una gran diversidad de tipos o razas que tienen su identidad propia en cuanto a forma, sabor, color, tamaño y pungencia. Los tipos más popularmente consumidos en México son: Serrano, Jalapeño, Ancho o Poblano, Pasilla o Chilaca, y Puya o Guajillo o Mirasol (Pozo y Ramírez, 1994). Se estima que las variedades Ancho o Poblano, Serrano, Jalapeño y Mirasol, abarcan el 75% de la superficie total cultivada a nivel nacional (ASERCA, 1998).

Los chiles son comercializados en salsas, encurtidos, chile seco y en polvo, para preparar diferentes comidas mexicanas como moles, conservas y para colorear en general (Montes, 2002).

Heterosis

Se denomina heterosis o vigor híbrido al aumento de vigor, altura, rendimiento, resistencia, etc., de la progenie F_1 (híbrido), resultante de la cruce entre dos poblaciones o líneas paternas (Hallauer *et al.*, 1988, Márquez, 1995). La heterosis es una de las herramientas más socorridas en los programas de fitomejoramiento cuando en éstos se ha agotado o quieren obtener más variabilidad genética.

La heterosis se describe como el vigor de un híbrido el cual se ubica en un intervalo mayor al de sus progenitores con respecto a uno o varios caracteres de interés. Generalmente se aplica a tamaño, velocidad de crecimiento o buenas características agronómicas generales; vigor que resulta algunas veces de cruzamiento

entre dos progenitores endógamicos genéticamente diferentes; algunos genetistas consideran también la existencia de una heterosis negativa, cuando se manifiesta una disminución del vigor (Robles, 1971).

El vigor híbrido o heterosis es complementario y opuesto al fenómeno de depresión endogámica. La heterosis es simplemente el valor inverso de la depresión endogámica. Así de las de cruza que se hacen al azar entre varias líneas, se espera que el valor medio de cualquier carácter en la progenie se revierta al valor que tenía en la población base. En otras palabras, se espera que la heterosis al hacer cruzamiento sea inversamente proporcional a la depresión endogámica (Falconer y Mackay, 2001)

La heterosis es un factor importante en todas las metodologías de mejoramiento, excepto en el mejoramiento de líneas; sin embargo, solamente en el mejoramiento de híbridos y clones es posible tener la máxima explotación de la heterosis. Se puede esperar heterosis alta de un híbrido si las poblaciones progenitoras tienen: 1) una frecuencia alta de genes parcial o completamente dominantes, y/o 2) una máxima diferencia en frecuencias génicas para loci sobredominantes. Consecuentemente, para la explotación óptima de la heterosis en el mejoramiento híbrido, la semilla y el polen de los padres deberán provenir de germoplasma no emparentado genéticamente, comúnmente nombrados como grupos heteróticos (Falconer y Mackay, 2001; Schnell, 1982; Hallauer y Miranda, 1988).

En los programas de hibridación, los grupos y patrones heteróticos son de fundamental importancia. Un grupo heterótico señala un grupo de genotipos emparentados o no, de la misma o de diferentes poblaciones, el cual muestra una aptitud combinatoria similar y una respuesta heterótica similar cuando es cruzado con genotipos de otro grupo genéticamente distinto. En cambio, el término patrón heterótico se refiere a un par específico de dos grupos heteróticos, los cuales expresan alta heterosis y consecuentemente híbridos con alto vigor (Melchinger y Gumber, 1998).

Los trabajos clásicos sobre el uso de grupos heteróticos, como estrategia de mejoramiento, fueron hechos en maíz (Moll *et al.*, 1962; Moll *et al.*, 1965) y actualmente el éxito de cualquier programa de mejoramiento de maíz se basa fundamentalmente en el uso de grupos heteróticos específicos (Carena y Hallauer, 2001), siendo los grupos heteróticos más usados los referentes al tipo de endospermo, Dentado x Cristalino. Otros criterios para formar grupos heteróticos son la distancia o divergencia genética, como los diferentes tipos raciales en maíz (Crossa *et al.*, 1990; Vasal, 1999), el tipo estacional, como son las cruzas entre genotipos de invierno por primavera genotipos de en trigo (Martínez, *et al.*, 1990), entre otros. El uso de esta estrategia de mejoramiento ha sido explorada en el mejoramiento de una gran variedad de especies, tales como maíz (Carena y Hallauer, 2001); trigo (Martínez *et al.*, 1990); haba (Schon, 2001), triticale (Bauer, 2001) y alfalfa (Ray *et al.*, 2001; Riday y Brummer, 2001), entre otros.

Se ha encontrado que en algunos cultivos autógamos la ganancia heterótica ha sido considerablemente baja (Martín *et al.*, 1995), para algunas características. Se ha reportado que la ganancia de heterosis en híbridos de berenjena va de 33% (Tiwari, 1966) a 97% (Darne, 1977), ya que su porcentaje de polinización cruzada está próxima a cero.

El chile, clasificado como una planta autógama, posee un porcentaje de polinización cruzada que oscila desde 7% a 91%, por lo que varios autores consideran al chile como una especie de polinización cruzada facultativa (Odland and Porter, 1941; Franceschetti, 1971; Tanksley, 1984). Para este cultivo se ha encontrado heterosis para rendimiento que va de un 28 a un 47%, donde los valores más sobresalientes ocurren cuando grupos de diferentes regímenes ecológicos son usados (Dikhil *et al.*, 1973). Shifriss y Rylski (1973), trabajando con chiles para exportación, observaron una ganancia en la heterosis de 9% en el rendimiento de los híbridos, en cambio para la calidad de exportación tuvieron heterosis del 75%.

En un trabajo realizado para evaluar la heterosis en cruzas inter varietales de chile (Thomas and Peter, 1988), en el cual se utilizaron 6 líneas de chile morrón (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* Sendt.), y una línea de chile picante (*Capsicum annuum* L. var. *fasciculatum* Sturt.), se observó heterosis significativa favorable para variables como días a floración, días a cosecha de fruto verde, días a madurez de fruto, altura de planta, largo y ancho de fruto, peso de fruto y rendimiento de fruto verde por planta. Dos de las mejores cruzas con los mejores rendimientos mostraron una heterosis estándar de 108.3%.

Kevin *et al.*, (1995) trabajando con un grupo de líneas de pepinillo para encurtido dentro de los cuales había partenocarpicos y no partenocarpicos encontraron que la Aptitud Combinatoria General (ACG) fue mayor que la Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) para todos los tratamientos antes y después de ser procesados, las variables firmeza de fruto, de mesocarpio, de endocarpio, además de la longitud de fruto y diámetro de fruto, se correlacionaron positivamente genotípica y fenotípicamente una con otra. La cavidad seminal, diámetro de la cavidad y diámetro de fruto se correlacionaron positivamente entre sí pero fueron negativas para todas las demás variables.

La heterosis en la berenjena es alta con una ganancia en híbridos de 33 % (Tiwari, 1966) a 97 % (Darme, 1977), esto debido a que las flores de la berenjena son perfectas y normalmente autogamas, la tasa natural de entrecruzamiento es cercana a cero. Además la polinización manual es sencilla y produce varias semillas por cruza. El chile es un cultivo anual, de autogamo con una tasa de entrecruzamiento de 25 % Dikhil *et al.*, (1973), reportaron heterosis para rendimiento de un 28 a un 47 % donde los niveles más altos ocurren cuando se emplea como progenitores a grupos de diferente región ecológica. En Israel donde el chile es cultivado para exportación, se obtuvo una ganancia de 9 % en rendimiento total en híbridos, pero también se observó una ganancia de 75 % en la calidad de exportación (Shifriss y Rylski, 1973).

Alencar y Wilson (2003) mencionan que el grado de heterosis en el género *Capsicum* spp. Es considerado alto; no obstante la mayoría de los estudios se refieren a la especie *Capsicum annuum*. En lo referente al uso potencial de híbridos F₁ de la

especie *Capsicum chinense*, pocos son los trabajos disponibles que evalúen la magnitud de la heterosis en estas especies. Por lo que se planteo un estudio con líneas de *Capsicum chinense* en el que se encontró que únicamente los efectos aditivos fueron de mayor importancia en las variables, rendimiento, longitud y diámetro de fruto, y materia seca de fruto por planta, rendimiento de capsicina y semillas por fruto. Se detectó epístasis para materia seca, capsicina y número de semillas por fruto. Por lo que se considera que la heterosis es debida a efectos epistáticos los tipos de acción genética de mayor importancia se detecto que fueron de dominancia incompleta a sobre dominancia, y se asociaron a la heterosis en las variables que no mostraron acción epistatica.

Martínez *et. al.*, (2004) en chile serrano para calidad comercial encontraron efectos de heterosis altos para longitud, diámetro y peso de fruto, la heterosis vario para rendimiento de 11.69 a 127.41%; para peso de fruto de 17.80 a 247.52%; y de 11.77 a 238.97 % para longitud de fruto; en diámetro de fruto de 7.10 a 218.99%

En evaluación del rendimiento de fruto verde y sus componentes se detectaron importantes valores para ACG y ACE en la mayoría de los caracteres y los efectos genéticos de mayor importancia fueron tanto los aditivos como los que no lo son, y aunque ninguno de los progenitores involucrados presento una buena ACG para todas las variables, en general se concluyo que dichas líneas pueden ser prometedoras para iniciar un programa de mejoramiento poblacional con la finalidad de contribuir a elevar el rendimiento de fruto (G. Léguese. 2005)

Martínez *et. al.*, (2005) mencionan que el desconocimiento de los efectos genéticos en la expresión de calidad en poscosecha impide que se usen en los programas de mejoramiento genético. Con este fin se evaluaron el rendimiento de fruto en verde, vida de anaquel (días a pérdida de valor comercial), peso individual y tasa de pérdida de peso del fruto. Los resultados mostraron que en la expresión del rendimiento participan tanto efectos aditivos como de dominancia; la vida de anaquel y peso individual de fruto están determinadas principalmente por efectos aditivos. Se observaron efectos de heterosis altos para vida de anaquel, y heterosis baja a moderada para rendimiento y tasa de pérdida de peso. La heterosis varió de 11 a 127% en rendimiento; de 0.5 a 248% en vida de anaquel; de 17 a 247% en peso individual de frutos y de -37 a 52% en tasa de pérdida de peso. Se detectaron efectos significativos ($P \leq 0.05$) en ACG de los padres para rendimiento y tasa de pérdida de peso, y en los de ACE de las cruzas para rendimiento. Por lo que, la vida de anaquel, el peso individual de fruto pueden ser mejorados con métodos que exploten más los efectos de dominancia para formar variedades híbridas, mientras que la tasa de pérdida de peso puede ser mejorado con métodos tradicionales de endocria y selección.

De La Rosa *et. al.*, (2006) en un trabajo con 13 híbridos comerciales de maíz estimaron los efectos genéticos para rendimiento, altura de planta contenido de humedad, días a floración. Las mejores cruzas en promedio de localidades presentaron rendimientos de mazorca de hasta 17.5tha^{-1} , con valores de heterosis estimados con base en la media de los padres, de hasta 13.9, % los híbridos con la mejor aptitud combinatoria general fueron: PP9539, AN447 y AS910, con 1.17, 0.68

y 0.52 t ha^{-1} , respectivamente y los mejores en heterosis: presentaron incrementos en el rendimiento de hasta 2.27 t ha^{-1} .

Dialélicos

La formación de cruzamientos dialélicos, los cuales son cruza simples que pueden lograrse entre los elementos de un conjunto básico de líneas progenitoras, constituyen un procedimiento estándar de investigación genética en plantas y animales. Las cruza dialélicas se emplean para estimar componentes genéticos de la variación existente entre las propias cruza, tanto en rendimiento como de su capacidad productiva (Martínez, 1983).

De acuerdo con Hayman (1960), el análisis genético de las cruza dialélicas se atacó inicialmente desde tres diferentes puntos de vista. El primero es acerca del material genético propuesto para la investigación, el segundo relacionado con el mecanismo genético que controla la expresión de la variable de interés y el último relacionado con los métodos de estimación.

El modelo de análisis dialélico propuesto por Gardner y Eberhart (1966) se ha empleado para evaluar y seleccionar genotipos superiores en los programas de mejoramiento de plantas y para estudiar muchas características de la herencia genética. Lima *et. al.*, (2003) mencionan que el análisis dialélico con modelos completos y parciales con o sin medias pérdidas, afectan en forma similar a la suma de cuadrados. Se ha comprobado que la pérdida de los promedios de cruza afecta diferencialmente la suma de cuadrados tipo I y III y por lo tanto las pruebas de

hipótesis de la mayoría de los efectos sin embargo la heterosis no se ve afectada por la pérdida de la media de los padres. El dialélico completo y parcial, si pérdida de medias, solo presenta diferencias entre la suma de cuadrados tipo I y III y la asociación con la hipótesis para padres confirmando la no ortogonalidad del modelo.

Los estimadores del método Gardner y Eberhart de los efectos de la heterosis varietal, difieren de los del modelo irrestricto. Cualquier análisis usando el modelo irrestricto y el de Gardner y Eberhart deberá proporcionar las mismas inferencias, al menos las basadas en evaluaciones de los efectos expresados por las poblaciones como los derivados de los valores de las medias, heterosis, heterosis promedio, y heterosis varietal (la correlación entre los estimados de ambos modelos es 1) el factor que limita el uso de los modelos irrestrictos es la carencia de formulas para calcular las sumas de cuadrados y para la estimación de las funciones variables estimables (Soriano, 2000)

Según Zhang *et. al.*, (2005) los diseños de apareamiento dialélico provén a los mejoradores de información genética útil como la aptitud combinatoria general, la aptitud combinatoria específica, que los ayudan a elegir de forma apropiada las estrategias de selección y mejoramiento.

Murriay *et. al.*, (2003) mencionan que los mejoradores de plantas y genetistas usan frecuentemente los diseños de apareamiento genético para obtener información sobre las características de interés de un juego de líneas progenitoras. El análisis

dialéctico basado en poblaciones ha sido frecuentemente conducido mediante medias de tres análisis presentados por Gardner y Eberhart .

Aptitud combinatoria general

La aptitud combinatoria general es el desempeño promedio de una línea pura en algunas combinaciones híbridas. La ACG proporciona información sobre las líneas puras que producen los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras. Debido a su heterogeneidad, las variedades de polinización libre y los sintéticos generalmente se usan como probadores para determinar la ACG.

La aptitud combinatoria general es el efecto promedio que una línea aporta a sus cruzas, medida como desviación de la media general, es decir, es lo que una línea hereda a su progenie en promedio de muchas cruzas. La ACG estima el patrimonio genético de cada línea, es decir, estima la cuantía de los efectos de genes aditivos. Se evalúa mediante el uso de un probador de amplia variabilidad genética. (Márquez 1988).

Robles (1971) define la aptitud combinatoria (AC) como el comportamiento medio de una línea, en las combinaciones híbridas al cruzarse con otras líneas, o el comportamiento de una o varias líneas al cruzarse con una variedad de amplia acción génica o el de la cruce entre variedades. La aptitud combinatoria específica también se puede describir como todos los efectos de los que no se pueda dar cuenta el esquema aditivo. Estos pueden ser el resultado de la dominancia, la epístasis, las

interacciones. La aptitud combinatoria general (ACG) incluye la acción génica aditiva de líneas puras o en proceso de formación. La ACG de las líneas se determina por medio de ensayos de rendimiento de los mestizos.

Vázquez, (1996), al trabajar con seis poblaciones de maíz y ser evaluados bajo un diseño dialélico, encontraron que los efectos de aptitud combinatoria específica son mas importantes que los de aptitud combinatoria general en la manifestación de la germinación y vigor de semillas; sin embargo, manifiestan que existen pocos trabajos genéticos que involucren la calidad fisiológica de la semilla. Por lo anterior, sugiere que se incursionen en esta área al desarrollar estrategias en mejoramiento, con la intención de integrar esfuerzos y generar nuevos materiales que presenten buenas características agronómicas y fisiológicas de la semilla.

Aptitud combinatoria específica

Sprague y Tatum (1942) definieron el término capacidad combinatoria específica para designar aquellos casos en que ciertas combinaciones se comportan relativamente mejor o peor de lo que debería esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas consideradas.

Los casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen mejor o peor de lo que podía esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas involucradas, en breve, la habilidad combinatoria específica es el rendimiento relativo de cada cruce específica.

La aptitud combinatoria general se evalúa mediante el uso de un probador que puede ser cualquier material genético que permita medir la aptitud combinatoria de un grupo de líneas con el cual se cruza. Los principales tipos de probadores son: probador de amplia base genética, probador de reducida base genética, probador emparentado y probador no emparentado. Hull (1945) concluyó que el probador más eficiente sería aquel que fuere homocigoto recesivo en todos los loci y que la homocigocidad para los alelos dominantes en cualquier locus, debería de evitarse.

La ACE estima la cuantía de los efectos de genes de acción no aditiva, principalmente de genes con acción de dominancia, epístasis o interacciones, etc. Esta medida es particular para combinaciones entre pares de líneas. (Márquez, 1988).

En un experimento realizado con 7 progenitores de chile serrano los resultados mostraron que el rendimiento de fruto es un carácter determinado tanto por efectos aditivos como de dominancia siendo los de tipo aditivo la mitad de los de dominancia. Existieron diferencias importantes (P.D. 0.05) entre ACG de los padres para rendimiento y entre ACE de las cruzas para rendimiento, peso por fruto, longitud de fruto y diámetro de fruto. (Martínez *et. al.*, 2004)

Analisis Biplot

Kohler U. y Luniak M. (2005) mencionan que las distancias mostrad en el Biplot asi como también varianzas y correlaciones de un conjunto grande de datos.

Pueden ser usados como una herramienta para revelar agrupamientos multicolineales y para guiar la interpretación del análisis de componentes principales

Kroonenberg M. (1997) menciona que los mejoradores de plantas conducen típicamente una gran escala de tratamientos para investigar el comportamiento de un gran número de genotipos en varios ambientes con la intención de seleccionar los mejores genotipos con el propósito posterior de mejorar los cultivos. Los resultados de cada tratamiento consisten en valores de uno o más atributos para cada genotipo en cada ambiente. Valores provenientes de muchas repeticiones están disponibles y el rango de resultados necesita ser analizado por técnicas sofisticadas de análisis de varianza para minimizar el efecto de bloque, con la finalidad de estimar los componentes de varianza. Para el propósito de este reporte asumiremos que los análisis se han realizado, y que para posteriores análisis de genotipo por ambiente la tabla con medias ajustadas está disponible. Esta tabla puede ser analizada en un modo estratégico con un simple procedimiento de análisis de varianza de dos vías en particular un modelo con la media general, un efecto de la media del genotipo y un efecto medio ambiental, y la interacción genotipo ambiente (G'E)

Ibarra et al (2006) encontraron que mediante el uso de un análisis biplot, se podía evaluar de manera gráfica la variabilidad de rendimiento en los granos de maíz y determinar los patrones de respuesta entre híbridos y ambientes. Para esto se utilizaron los datos de producción provenientes de 13 híbridos comerciales probados durante 3 campañas agrícolas en Sampacho, Córdoba. El análisis de la varianza combinado a través de las campañas mostró diferencias estadísticamente

significativas ($P < 0,01$) entre híbridos, entre campañas agrícolas y en la interacción híbrido-ciclo. Los resultados del biplot permitieron identificar cuatro híbridos de rendimientos superior: AW190 MG, DK700, 32F07 y DK747, aunque sólo DK700 puede ser considerado un genotipo ideal en el área de Sampacho ya que, además del alto potencial de rendimiento, presentó un comportamiento estable. Las campañas agrícolas 2002/03 y 2004/05 mostraron un patrón similar de respuesta, mientras que las evaluaciones realizadas en las campañas 2003/04 y 2004/05 mostraron una clara tendencia a ordenar los genotipos de manera diferente. El ciclo 2002/03 fue el ambiente de mayor capacidad discriminante entre genotipos y el más representativo. Las distintas respuestas de los genotipos a los ambientes se debieron a diferencias en las condiciones pluviométricas, edáficas y en fechas de siembra de los ensayos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se puede dividir en dos etapas: la primera etapa fue la formación de los híbridos, la cual tuvo lugar en los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), que localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila. La segunda etapa fue la evaluación de los híbridos formados, se realizó en el Campo Experimental del Sur de Tamaulipas (CESTAM), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas, en la región conocida como “La Huasteca”.

Ubicación de los invernaderos

Los invernaderos en los cuales se formaron los híbridos, se encuentran dentro de la U.A.A.A.N., la cual se localiza en Buenavista, en Saltillo, Coahuila. La ubicación de los invernaderos es: Latitud 25°22′ Norte, Longitud 101°00′ Oeste, y una Altitud de 1743 msnm, con una temperatura media anual de 19.8°C.

Ubicación del campo de evaluación

El CESTAM se encuentra en el km 55 de la carretera Tampico-Mante, con las coordenadas: Latitud 22°34′ Norte y Longitud 98°05′ Oeste, y Altitud de 60 msnm,

en la Huasteca al Nororiente de la República Mexicana. Esta región posee una temperatura media anual de 23°C.

Clima: De acuerdo a la clasificación de Köppen y modificada por García el clima del Campo Experimental Sur de Tamaulipas corresponde al grupo de climas cálido subhúmedo Awo que se localiza a lo largo de la vertiente este de la Sierra Madre Oriental y costa cercana a ella; este mismo tipo de clima se tiene en el 74 por ciento del área de influencia del CESTAM; el 26 por ciento restante corresponde al grupo cálido seco, que predomina en la zona norte y en la costa de la parte noreste. La temperatura media anual oscila alrededor de los 24.5°C; las máximas ocurren en abril y mayo variando 32 a 50°C y las mínimas ocurren en diciembre y enero con rango de 3 a 10°C llegando a presentarse ocasionalmente temperaturas de -5 a -6°C. En los meses de noviembre a marzo la región se ve afectada por masas de aire frío continental llamadas “nortes“ por efectos de los sistemas de baja presión que además de deshidratar el follaje de los cultivos puede provocar acame y quebrado de ramas.

Suelo: Los suelos de la región están clasificados como rendzinas y rendzinas degradados, a los que se les considera como suelos arcillosos. Tienen colores oscuros debido a la materia orgánica la cual varía de un 2 a un 3 por ciento con cantidades considerables de carbonato de calcio.

Los suelos del CESTAM presentan un perfil profundo de más de 50 cm; encontrándose en primer término el vertisol pélico y en segundo término el regosol

eutrico, la textura que predomina es la franco-arcillo-arenosa; presentan un pH que oscila alrededor de 8.2 y son pobres en materia orgánica.

Altitud: La altura de la planicie Huasteca del sur de Tamaulipas va de 0 a 250 m sobre el nivel del mar. El Campo Experimental se encuentra a 60 m sobre el nivel del mar.

Material Germoplásmico

Se utilizaron líneas élite y variedades comerciales representativas del tipo jalapeño. Se emplearon 5 materiales, dando un total de 10 cruza además también se evaluaron los progenitores dando un total de 15 materiales.

En el cuadro 3.1 se muestran los materiales usados para la formación de los híbridos.

Cuadro 3.1 Progenitores empleados en los cruzamientos.

Número	Línea o Variedad	Tipo de chile
1	CHIHAL 10-19	JALAPEÑO
2	DON PANCHO	JALAPEÑO
3	DON BENITO	JALAPEÑO
4	CHIAPAS LARGO	JALAPEÑO
5	EB3	JALAPEÑO

Cuadro 3.2 Formación de los híbridos en base a los progenitores utilizados.

N° de		1	2	3	4	5
Progenitor	Progenitores	CHIJAL 10-19	DON PANCHO	DON BENITO	CHIAPAS LARGO	EB3
1	CHIJAL 10-19	xx				
2	DON PANCHO	xx	xx			
3	DON BENITO	xx	xx	xx		
4	CHIAPAS LARGO	xx	xx	xx	xx	
5	EB3	xx	xx	xx	xx	xx

Siembra en charolas y trasplante a bancales de invernadero.- La semilla de los padres se sembró en charolas de unicel y, ya llegado el tiempo, se trasladaron a los bancales del invernadero a dos plantas por mata para después aclarar a una planta, dejando dos plantas por surco de cada progenitor a distancias de 50 cm entre surcos y entre plantas.

Siembra en charolas de la semilla híbrida.- Después de haber hecho las cruces correspondientes, se recolectaron los frutos y se les extrajo la semilla, la cual posteriormente se sembró en charolas de unicel nuevamente para que luego, ya llegado el momento, trasladar a campo dicho trasplante se realizó en el CESTAM.

La siembra en campo fue en surcos de 1 m de ancho por 1 m de largo, 2 m entre surcos, trasladando a doble hilera con una distancia entre hileras de 50 cm, y una distancia entre plantas de 25 cm, para tener 4 plantas por hilera y 8 por surco. Y todo esto para simular una densidad de población de 40,000 plantas por hectárea. La

parcela útil fueron 4 plantas centrales, buscando el supuesto de la competencia completa.

Se realizó un análisis de aptitud combinatoria general y específica, basándose en el método IV propuesto por Griffing (1956), el cual solo incluye las cruzas directas F_1 .

El modelo lineal aditivo fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor fenotípico observado de la craza con progenitores i y j ; μ = Media general.;

g_i, g_j = Efecto de la aptitud combinatoria general del progenitor i, j ; s_{ij} = Efecto de la aptitud combinatoria específica de la craza (ij); e_{ijk} = Error experimental;

También se realizó mediante el análisis general de efectos genéticos (método II) de Gardner y Eberhart (1966). En este análisis, el modelo matemático de los híbridos o poblaciones (Y_j o $Y_{j'}$) y las cruzas ($Y_{jj'}$) se expresa de la manera siguiente:

$$Y_j = \mu_v + v_j$$

$$Y_{j'} = \mu_v + v_{j'}$$

$$Y_{jj'} = \mu_v + \frac{1}{2}(v_j + v_{j'}) + h_{jj'}$$

Donde:

μ_v = Media de los padres; v_j y $v_{j'}$ = Efecto de los híbridos j y j' ; $h_{jj'}$ = Efecto de la heterosis correspondiente a la cruce j y j' ;

El efecto de heterosis fue subdividido de la manera siguiente:

$$h_{jj'} = h + h_j + h_{j'} + s_{jj'}$$

Donde: h = heterosis promedio; h_j = heterosis varietal contribuida por la variedad j ; $h_{j'}$ = heterosis varietal contribuida por la variedad j' ; $s_{jj'}$ = efecto de la heterosis correspondiente a la cruce j y j' .

Variables evaluadas

Días a Inicio de Floración (DIF).- Se contaron los días que tardaron las plantas en tener el 50 % de floración, comenzando la cuenta desde el día en que se trasplantó.

Días a Inicio de Cosecha (DIC).- Se contaron los días que tardaron las plantas en tener frutos listos para su corte en madurez comercial, comenzando la cuenta desde el día en que se trasplantó.

Altura de planta (AP).- Se tomó lectura de la altura desde la base de la planta hasta la parte más alta de la misma en centímetros.

Tamaño de fruto.- Se tomó una muestra de 5 frutos por cada tratamiento, a los cuales se les tomaron datos de longitud (LF) y diámetro (DF) del fruto en centímetros.

Número Total de Frutos (NTF).- Se contaron los frutos totales por parcela.

Peso Total de Frutos (PTF).- Este se obtuvo partir del peso total de los frutos de cada parcela

Peso Individual de Frutos (PIF).- Esta se obtuvo de dividir el peso total de frutos (rend.) entre el número total de frutos (NTF).

Una vez obtenidos los resultados tanto del análisis bajo el modelo II de Griffin como del método II de Gardner y Eberhart se observó la conveniencia de realizar un análisis biplot para graficar los resultados obtenidos y comparar los mismos con este nuevo análisis. La metodología usada fue la propuesta por (Yan et al 2001) GGE la cual permite determinar gráficamente lo siguiente: (i) rendimiento promedio y estabilidad de los genotipos, (ii) habilidad discriminante y representatividad en los ambientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base a las hipótesis planteadas en el presente trabajo, las cuales son: Existe variación en el tipo de efecto genético que interviene en la manifestación de las características agronómicas en el cultivo del chile, hay diferencia en el grado de heterosis que se presenta al cruzar diversos progenitores de chile y es posible detectar cruza de chile jalapeño con características agronómicas sobresalientes y alto rendimiento

En el cuadro 4.1 se muestran los cuadrados medios de los análisis de varianza dialélicos del modelo 2 de Griffing (1956), para las características, altura de planta (cm), días a inicio de floración (días), días a inicio de cosecha (días), longitud de fruto (cm), diámetro de fruto (cm), peso individual de fruto (g) número total de frutos, peso total de frutos (g) de los 10 híbridos resultantes de las cruza entre las 5 líneas progenitoras de chile jalapeño evaluadas en el CESTAM en el año de 2006. Se observa que hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre repeticiones para días a inicio de Floración.

Asimismo se encontraron diferencias al ($p < 0.01$) entre cruza para días a inicio de floración, días a inicio de cosecha, longitud de frutos, peso individual de

Cuadro 4.1 Análisis de varianza. Cuadrados medios y su significancia para las características Altura de Planta, Días a inicio de Floración, Días a inicio de Cosecha, Longitud de Fruto, Diámetro de Fruto, Peso Individual de Fruto, Numero Total de Frutos.

	G. L.	AP	DIF	DIC	LF	DF	PIF	NTF	PTF
REP	1	18.050	31.250 *	11.250	0.4623	0.074	0.2889	4.0500	85151.250
CRUZAS	9	38.383	41.45 **	42.561 **	3.17680 **	0.139 *	71.193 **	2110.338 **	775892.917 **
ACG	4	27.216	42.283 **	59.783 **	6.211 **	0.191 *	137.927 **	3043.53 **	785086.67 **
ACE	5	47.316	40.783 **	28.783 *	0.748 *	0.098	17.805 **	1363.78 **	768537.92 **
ERROR	9	41.938	6.027	6.694	0.28885	0.056	0.323	173.05	94954.028
CV(%)		15.078	3.402	2.208	6.551	8.233	1.707	13.135	9.622
Media		42.950	72.15	117.15	8.204	2.896	33.298	100.15	3202.250

*, **Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente

frutos, número total de frutos y peso total de frutos, y diferencias al $P < 0.05$ para diámetro de frutos indicando esto que los progenitores usados son diferentes genéticamente, esto debido a los diferentes orígenes de los mismos. Lo que en general se expresa en que las cruzas sean diferentes entre sí para las características mencionadas con anterioridad.

Respecto a la aptitud combinatoria general (ACG) hubo diferencias significativas ($P < 0.01$) para las características de días a inicio de floración, días a inicio de cosecha, longitud de fruto, peso individual de fruto, número total de frutos y peso total de frutos, y diferencias significativas $P < 0.05$ para diámetro de fruto, estas diferencias nos indican que cuando menos una de las cruzas es diferente de las otras usadas, en aptitud combinatoria general (ACG) para las características mencionadas esto debido principalmente a los efectos aditivos.

En cuanto a la aptitud combinatoria específica (ACE) para las características de días a inicio de floración, , longitud de fruto, peso individual de fruto, número total de frutos y peso total de frutos existieron diferencias significativas ($P < 0.01$) y diferencias significativas ($P < 0.05$) para días a inicio de cosecha y diámetro de fruto, indicando que al menos una craza difiere de las otras usadas en el presente experimento en ACE para estas características, esto como resultado de los efectos no aditivos y las diferencias genéticas de los progenitores.

Los coeficientes de variación de todas las características a evaluar fueron inferiores a 16 por ciento teniendo el valor mas alto el coeficiente de variación de altura de planta con 15.078 por ciento y la característica con menor coeficiente de variación correspondió a peso individual de fruto con 1.707 por ciento.

Al desglosar las cruzas en ACG y ACE en las diferentes características podemos mencionar que de las que presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), días a inicio de floración, días a inicio de cosecha, longitud de fruto, peso individual de frutos, número total de frutos, y peso total de frutos, se observo que los efectos de tipo aditivo (ACG) contribuyeron con 45.34, 62.43, 86.91, 86.11, 64.10 y 44.97 por ciento con lo que podemos observar que para días a inicio de cosecha, longitud de fruto, peso individual de frutos y número total de frutos este es el efecto mas importante, en lo concerniente a los efectos de tipo no aditivo (ACE) contribuyeron con 54.66, 37.57, 13.09, 13.89, 35.90 y 55.03 por ciento respectivamente, con lo que podemos ver que para días a inicio de floración y peso total de frutos los efectos de tipo no aditivo son mas importantes. Esto se puede traducir en que para aquellas características con mayor participación de efectos de tipo aditivo pueden ser manejadas bajo un esquema de mejoramiento por pedigrí, mientras que aquellas donde los efectos de tipo no aditivo son más importantes se pueden manejar con hibridación. Lo anterior coincide con lo encontrado por Martínez *et al.*, (2004) donde se encontraron resultados similares a los anteriores.

La característica diámetro de fruto presentó significancia ($P < 0.05$) para efectos de tipo aditivo la cual fue de un 60.91 por ciento y para los efectos no aditivos 39.09 por ciento. Esto coincide con lo reportado por Martínez *et al.*, (2005)

En lo referente a la característica altura de plantas no se observaron diferencias significativas, los valores para ACG fueron de 31.51 por ciento y para ACE de 68.49 por ciento, la no significancia en este caso pudo ser debida al efecto de poda antes de transplante que tubo que ser usado debido a que la plántula a transplantar se pudo para que no se maltratara en el transporte.

En el cuadro 4.2 se muestran los cuadrados medios de los análisis de varianza dialélicos de Gardner y Eberhart (1966), para las características evaluadas.

No se observaron diferencias significativas para repeticiones en ninguna de las características evaluadas, esto muy posiblemente debido a que las condiciones edáficas y de manejo fueron lo suficientemente homogéneas para no impactar de manera sensible esta fuente de variación.

Para cruza/padres se observaron diferencias significativas ($p < 0.01$) para Días a inicio de floración, para días a inicio de cosecha, longitud de fruto, número total de frutos y peso total de frutos, lo que indica que cuando menos una crusa se comporto de manera diferente a los progenitores.

Cuadro 4.2 Cuadrados medios y su significancia para las características medidas, mediante el método de Gardner y Eberhart

	G. L.	AP	DIF	DIC	LF	DF	PIF	NTF	PTF
REP	1	48.433	1.200	0.000	0.171	0.091	64.533	30.000	106326.530
CRUZAS / PADRES	14	52.747	55.747 **	61.247 **	4.639 **	0.189	32.276	1777.619 **	969610.320 **
VARIDADES	4	26.378	102.021 **	138.164 **	12.770 **	0.187	34.978	993.642 **	511939.340 **
HETEROSIS	10	63.295	37.238 **	30.480 **	1.387 **	0.191 *	31.195	2091.209 **	1152678.710 **
HETEROSIS PROMEDIO	1	120.416	104.016 **	104.016 **	4.166 **	0.096	28.016	4318.016 **	3624566.817 **
HETEROSIS VARIETAL	4	68.989	16.112	14.217	1.491 **	0.331 **	20.755	2443.790 **	1014882.675 **
HETEROSIS ESPECIFICA	5	47.316	40.783 *	28.783 *	0.748	0.098	40.183	1363.783 **	768537.917 **
ERROR	14	31.490	9.271	7.428	0.281	0.063	37.104	119.000	66790.180
CV		15.078	3.402	2.208	6.551	8.233	1.707	13.135	9.622
Media		42.950	72.15	117.15	8.204	2.896	33.298	100.15	3202.250

*, **Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente

Así mismo para la fuente de variación variedades existieron diferencias significativas ($p < 0.01$) para Días a inicio de floración, para días a inicio de cosecha, longitud de fruto, número total de frutos y peso total de frutos, esto indica que cuando menos una crusa se comporto de manera diferente a las demás, esto debido a los diferentes orígenes genéticos de los progenitores.

En La fuente de variación heterosis se observaron diferencias significativas ($p < 0.01$) para Días a inicio de floración, para días a inicio de cosecha, longitud de fruto, número total de frutos y peso total de frutos, además diferencias al ($p < 0.05$) para diámetro de fruto, lo que indica que existió una diferencia en comportamiento de las cruza con respecto a sus progenitores lo que coincide con Martín *et al.*, (1995) el cual señala que en algunos cultivos de autógamias la ganancia heterótica es considerablemente baja.

Para la fuente de variación Heterosis promedio se obtuvieron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para días a inicio de floración, días a inicio de cosecha, longitud de frutos numero total de frutos y peso total de frutos, lo cual indica que cuando menos existe una crusa que difiere del promedio del experimento.

Heterosis varietal solo presento diferencias ($p < 0.01$) para las variables longitud de frutos, diámetro de frutos, numero total de frutos y peso total de frutos, lo cual muestra que para esta fuente de variación los progenitores tuvieron un comportamiento muy similar en las otras características evaluadas.

En lo correspondiente a Heterosis específica se obtuvieron diferencias ($p < 0.05$) para días a inicio de floración, días a inicio de cosecha y diferencias ($p < 0.01$) para número total de frutos y peso total de frutos lo cual indica que cuando menos una craza difiere en estas características del resto de las cruzas.

En el cuadro 4.3 se pueden observar los valores de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica ACE, y su significancia.

En la variable altura de planta el progenitor con mayor ACG fue el 1 con 3.233 y los progenitores con menor ACG fueron 2 y 5 ambos con -1.933, para el caso de las ACE las cruzas 2x5 con -6.583 y 3x5 con 4.250 siendo la de menor y mayor ACE respectivamente. En ningún caso se observaron diferencias significativas, para esta variable.

Para Días a inicio de Floración el progenitor con mejor ACG fue 4 con 3.800 con significancia $P < 0.01$ y el progenitor con ACG más baja fue 1 con -3.533 también con una significancia de $P < 0.01$, para ACE las cruzas con diferencias $P > 0.01$ fueron 1x2, 2x3 y 4x5 con valores de 5.583, -4.250 y 4.417 respectivamente además de cruzas con 1x4 y 3x4 con significancia $P > 0.05$ y valores de -3.417 y 3.25 respectivamente

4.3 Cuadro de concentración de ACG y ACE para los progenitores y cruzas respectivamente con sus significancias.

	AP	DIF	DIC	LF	DF	PIF	NTF	PTF
ACG 1	3.233	-3.533 **	-4.200 **	0.015	0.045	2.514 **	-0.033	304.500 *
ACG 2	-1.933	0.800	1.133	0.848 **	0.105	6.781 **	-34.367 **	-443.833 **
ACG 3	0.233	-0.700	-0.700	0.055	0.085	-0.999 **	-5.033	-106.333
ACG 4	0.400	3.800 **	4.467 **	0.048	-0.081	-2.695 **	24.467 **	432.833 **
ACG 5	-1.933	-0.367	-0.700	-0.965 **	-0.155 **	-5.601 **	14.967 **	-187.167
ACE 1X2	2.250	5.583 **	4.917 **	0.293	-0.007	2.079 **	9.250	287.083
ACE 1X3	-4.417	0.083	0.250	-0.473	0.073	-3.615 **	-4.583 **	-577.917 **
ACE 1X4	1.417	-3.417 *	-2.917 *	0.213	-0.120	1.748 **	-21.583 *	-349.583 *
ACE 1X5	3.750	-1.250	-1.583	-0.127	-0.147	-1.373 **	24.250 **	552.917 **
ACE 2X3	0.583	-4.250 **	-3.250 *	-0.280	0.200 **	-0.779 *	-7.750	-168.750
ACE 2X4	0.750	-2.250	-2.250	-0.033	0.053	0.212	16.917 **	640.417 **
ACE 2X5	-6.583	-0.083	-0.083	0.113	-0.047	0.73	-25.750 **	-671.250 **
ACE 3X4	-3.583	3.250 *	2.583	0.373 *	0.000	1.939 **	0.417	256.250
ACE 3X5	4.250	-2.083	-1.250	0.227	0.073	3.048 **	-20.083	-231.250
ACE 4X5	1.583	4.417 **	3.583 *	-0.307	-0.080	-2.904 **	28.917	262.083

*, **Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente

En Días a inicio de cosecha el progenitor con mayor ACG fue el cinco con una significancia $P < 0.01$ y un valor de 4.467, el mas bajo con $P < 0.01$ y un valor de -4.200 fue el uno, se presentaron dos cruzas con valores positivos de ACE, una con una significancia $P < 0.01$ y otra con $P < 0.05$, las que fueron 1x2 y 4x5 con valores de 4.917 y 3.583 respectivamente, adicionalmente dos cruzas presentaron valores significativos $P < 0.05$ pero negativos, -2.917 y -3.250 para 1x4 y 2x3 respectivamente.

La ACG para Longitud de frutos presento dos progenitores con significancia de $P < 0.01$ el progenitor dos con un valor de 0.848 y el progenitor cinco con -0.965, con lo cual el progenitor dos aporta mayor tamaño que el progenitor cinco Solo se presento significancia $P < 0.05$ en la cruz 3x 5 con un valor de 0.373 de ACE.

Para Diámetro de fruto solo un progenitor, el cinco presento significancia $p < 0.01$ con un valor de -0.155 de ACG y la cruz 2x3 presento una ACE de 0.200 con una significancia de $P < 0.01$.

Todos los progenitores tuvieron una ACG significativa al $P < 0.01$, los progenitores uno y dos presentaron valores positivos de 2.514 y 6.781 cada uno y los progenitores tres, cuatro y cinco presentaron valores negativos de -0.999, -2.695 y -5.601 respectivamente. Para el caso de la ACE las cruzas 1x2, 1x3, 1x4, 1x5, 3x4, 3x5 y 4x5 presentaron significancia $P < 0.01$ cuatro con valores positivos y tres con

valores negativos, la cruce 2x3 presento significancia $P < 0.05$ y con valor negativo. Solamente las cruces 2x4 y 2x5 no presentaron significancia.

Tres progenitores presentaron significancia $p < 0.01$ en ACG para el caso de numero total de frutos, el progenitor dos con valor de -34.367 , el progenitor cuatro con 24.467 y el cinco con 14.967 ,la ACE observada en las cruces mostró valores de -4.583, -21.583, 24.250 16.917 y -25.750 para 1x3, 1x4, 1x5, 2x4y 2x5 respectivamente.

La ACE de Peso total de frutos muestra cuatro cruces con significancia de $P < 0.01$ y una de $P < 0.05$ con valores de -577.917, 552.917, 640.417, -671.250 y -349.583 los cuales corresponden a las cruces 1x3, 1x5, 2x4, 2x5 y 1x4 respectivamente. Dos progenitores presentaron ACG con significancia $P < 0.01$ y uno con $P < 0.05$ el dos y cuatro con valores de -443.833 y 423.833 y el uno con valor de 304.500 respectivamente.

En el Cuadro 4.4 se pueden observar la concentración de los calores de heterosis presentada por las cruces, los progenitores así como la media de los padres y la media de las cruces.

En heterosis debida a la cruce para días a inicio de floración existieron dos cruces que presentaron heterosis superior al resto la 1x4 y la 2x4 con -10.968 y

4.4 Cuadro de concentración de la heterosis presentada por las diferentes cruzas así como la heterosis varietal, las medias de los progenitores, la media para los progenitores y la media para las cruzas.

	AP	DIF	DIC	LF	DF	PIF	NTF	PTF
P1	45.375	69.500	114.000	8.215	2.930	44.750	100.125	3430.625
P2	41.500	72.750	118.000	8.840	2.975	45.875	74.375	2869.375
P3	43.125	71.625	116.625	8.245	2.960	44.000	96.375	3122.500
P4	43.250	75.000	120.500	8.240	2.835	44.750	118.500	3526.875
P5	41.500	71.875	116.625	7.480	2.780	45.375	111.375	3061.875
HET 1X2	12.048	-3.537	-2.659	7.710	4.110	3.488	4.530	16.249
HET 1X3	10.526	-6.207	-3.640	9.551	8.014	1.887	14.557	10.773
HET 1X4	42.222	-10.968	-6.721	6.533	-8.970	9.890	57.252	50.021
HET 1X5	22.449	-7.368	-4.968	0.000	-6.885	10.692	107.874	94.619
HET 2X3	2.273	-8.682	-5.306	12.391	13.514	17.160	-4.225	8.049
HET 2X4	5.660	-12.387	-7.004	-0.113	14.286	-15.625	9.635	7.515
HET 2X5	-23.977	-5.229	-3.292	1.360	1.083	15.976	-24.915	-22.544
HET 3X4	10.345	1.290	0.407	19.559	8.209	-3.911	45.455	52.775
HET 3X5	15.924	-3.158	-1.293	15.337	6.618	10.256	11.801	26.342
HET 4X5	22.857	4.918	2.049	-5.163	-9.790	1.676	151.493	88.876
HET VAR 1	4.833	-1.733	-1.900	-0.043	-0.145	0.933	6.317	305.200
HET VAR 2	-6.333	-2.650	-2.317	-0.080	0.195	-0.067	-37.767	-861.383
HET VAR 3	-0.667	1.100	1.350	0.697	0.225	0.683	-15.683	-190.133
HET VAR 4	3.750	0.600	0.517	-0.150	-0.081	-4.067	27.317	504.033
HET VAR 5	-1.583	2.683	2.350	-0.423	-0.195	2.517	19.817	242.283
Media de Padres	38.700	76.100	121.100	7.704	2.820	42.900	74.700	2464.900
Media de Cruzas	42.950	72.150	117.150	8.204	2.896	44.950	100.150	3202.250

-12.387 por ciento respectivamente en esta característica la heterosis negativa es importante ya que indica materiales que florecen antes que sus progenitores lo que podrá traducirse en una entrada

temprana al mercado en fresco con lo que se obtendrán mas ganancias, la cruza mas tardía fue la 4X5 con 4.918 por ciento. El progenitor más precoz fue el dos con -2.650 por ciento y el más tardío fue cinco con 2.683 por ciento. Se puede destacar que en las dos cruzas precoces participa el progenitor cuatro. Esto coincide con lo encontrado por De La Rosa *et al.*, (2006).

La heterosis para la característica días a inicio de cosecha se presentaron resultados similares a los anteriores ya que las cruzas 1x4 y 2x4 con -6.721 y -7.004 por ciento respectivamente mostraron heterosis superior al resto de las cruzas, la cruza más tardía fue la 4x5 con 2.049 por ciento y el progenitor mas tardío fue el cinco con 2.350 por ciento, mientras que el progenitor mas precoz fue el dos.

La longitud de frutos presento cruzas con valores positivos de heterosis las mas sobresalientes fueron: 2x3, 3x4 y 3x5 con valores de 12.391, 19.559 y 15.337 por ciento respectivamente, el progenitor número tres participo en las cruzas sobresalientes, la cruza 4x5 con -5.163 por ciento fue la que presento heterosis negativa lo que indica una disminución en el tamaño de fruto con respecto a sus progenitores en este caso el progenitor con mayor heterosis fue el tres, y el progenitor cinco presento una heterosis negativa de -0.423 por ciento, cabe destacar que el

progenitor cinco participo en la mayoría de las cruzas que presentaron resultados desfavorables para ellas. Esto concuerda con lo encontrado por Martínez et al., (2004) que encontraron resultados similares a los descritos en el presente trabajo.

Diámetro de frutos presentó valores de 14.286 y 13.514 por ciento en las cruzas 2x3 y 2x4 respectivamente en este caso las cruzas 1x4 y 4x5 presentaron valores negativos de heterosis -8.970 y 9.790 por ciento respectivamente lo que indica que en estas dos ultimas cruzas se observo una disminución en el diámetro de fruto con respecto a sus progenitores. El progenitor que presento la mayor heterosis para esta característica fue el tres con 0.225 por ciento y el que presento la menor fue el cinco con -0.195 por ciento. Martínez et al., (2005) encontraron una respuesta similar a la presentada en este trabajo.

La heterosis mostrada en la característica peso individual de frutos arrojó como resultado que las cruzas 2x3 y 2x5 sobresalieran con valores de 17.160 y 15.976 por ciento respectivamente mientras que la crusa 2x4 presento valores de -15.625 por ciento lo que se puede traducir en que dicha crusa obtuvo un peso inferior al de sus progenitores. El padre con la mayor heterosis fue el cinco con 2.517 por ciento y el progenitor con la menor heterosis fue el cuatro con -4.067 por ciento el cual influyo en que la crusa 2x4 presentara el valor más bajo de heterosis para esta característica.

En el número total de frutos existieron valores muy altos de heterosis 107.874 y 151.493 por ciento los cuales correspondieron a las cruzas 1x5 y 4x5, en este caso el progenitor cuatro presentó el valor más alto de heterosis para un padre con 27.317 por ciento seguido por el progenitor cinco con 19.817 por ciento lo cual nos indica que ambos progenitores pueden aportar ganancia en la cantidad de frutos por planta. En contraparte el progenitor dos mostró un valor negativo de -37.767 por ciento lo que se vio reflejado en la craza 2x5 la que presentó un valor de -24.915 por ciento.

La heterosis para peso total de frutos coincide en las cruzas 1x5 y 4x5 observadas en número total de frutos como aquellas que mostraron los valores más altos de heterosis 94.619 y 88.876 por ciento respectivamente lo que nos indica que dichas cruzas son las que mejor rendimiento presentan, el progenitor cuatro presentó 504.033 por ciento en este caso y el progenitor dos -861.383 por ciento por lo que no es un progenitor muy recomendable para el caso de peso total de frutos. Lo cual coincide con Alencar y Wilson (2003) los que mencionan que el grado de heterosis en el género *Capsicum* spp. Es considerado como alto.

Los resultados del análisis biplot explicaron el 82.47 por ciento (66.10 por ciento para el CP1 y 16.36 por ciento para el CP2) del total de la variación Figura 4.1 los efectos de ACG y ACE de las entradas fueron examinadas definiendo coordenadas de una media (AVG).

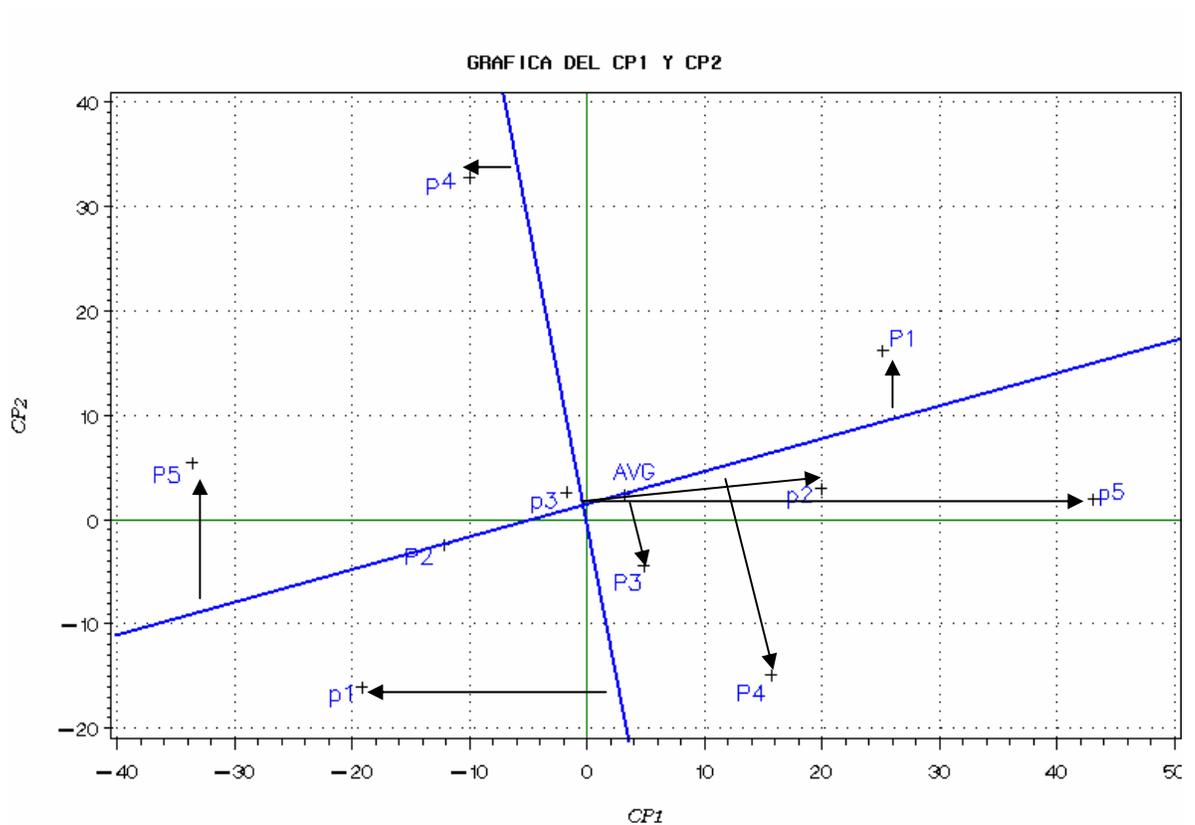
En la figura 4.1 se puede observar el arreglo grafico de las ACG y ACE para los progenitores siendo los mas alejados del eje de las X los que tienen mayor ACG y los mas cercanos los que presentaron un menor valor de ACG, los progenitores cinco y uno presentan los mayores valores y el progenitor dos resulto ser el mas estable, los progenitores cuatro y tres presento valores negativos siendo el tres fue mas cercano al eje de las X. para este caso el Progenitor cinco presento la mejor ACG y el cuatro presento la ACG mas baja.

En cuanto a los valores de ACE el progenitor cinco fue el que presento los mayores valores para ACE, así como también el progenitor dos y uno (negativos) en tanto los progenitores cuatro y tres presentaron valores mas cercanos al eje de las Y con lo que presentan valores mas pequeños de ACE, el progenitor dos también presento valores positivos y notables de ACE. Podemos mencionar que el progenitor que mejor se comporto par ACE fue el cuatro mientras que el que se comporto mas pobremente fue el progenitor cinco.

Un polígono de un biplot es la mejor vía para observar a los patrones de interacción entre los progenitores, y para interpretar efectivamente el biplot, el polígono se dibuja conectando las marcas de las entradas que están mas lejos del origen, En la figura 4.2 se observa el polígono formado por P1, P4, P2 y P5 en cada uno de los vértices del mismo. Cada uno de los progenitores fue independiente del otro como se puede observar solo en el caso del progenitor tres que cae dentro del

mismo vértice que el progenitor cuatro podemos decir que son de un mismo tipo, el progenitor uno combina bien con el cuatro y el progenitor cinco con el tres.

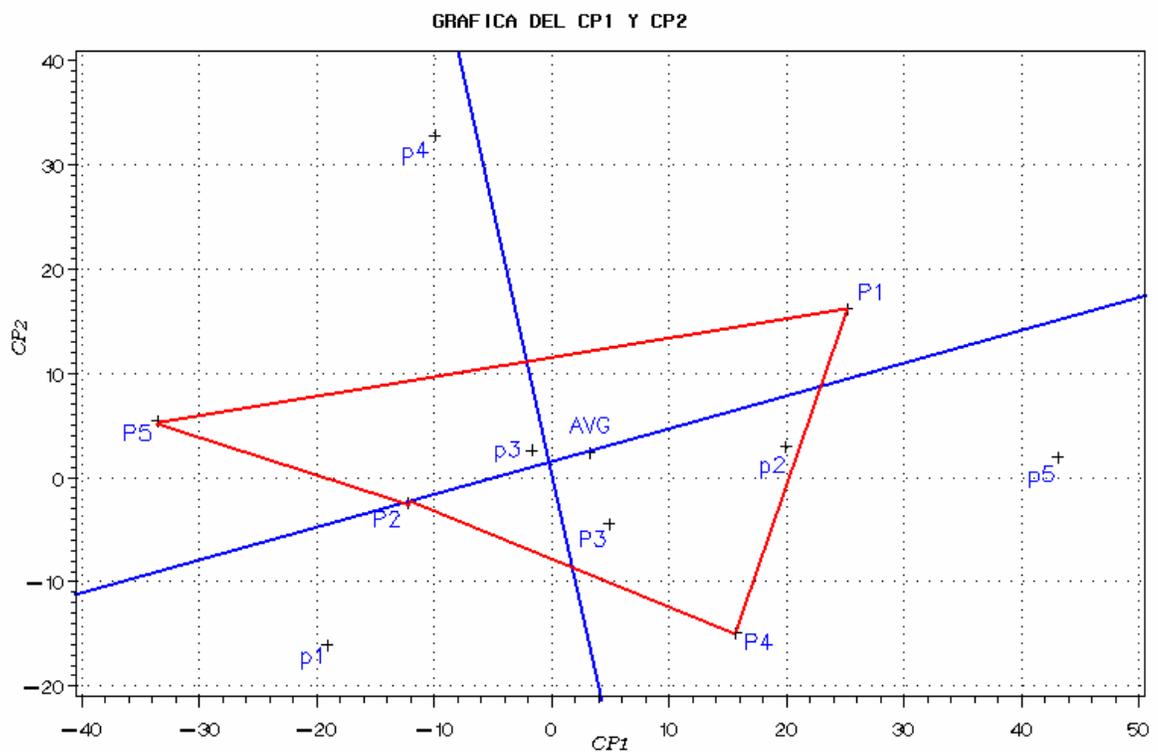
La figura 4.1 Biplot para ACG y ACE de cinco progenitores para la variable peso total de frutos.



Lo que coincide con los resultados obtenidos mediante el análisis de Gardner y Eberhart. El progenitor más estable en su comportamiento es el dos ya que se encuentra en más cercano al origen. Y el progenitor cinco es el menos estable ya que se encuentra más alejado del origen.

Las mejores Cruzas se encuentran en el vértice del progenitor cinco lo cual indica que este combina bien con los progenitores uno y cuatro dando las mejores cruzas obtenidas de los resultados del análisis de Gardner y Eberhart.

La Figura 4.2 Biplot basado en los datos del dialélico de cinco genotipos y sus cruzas posibles en chile jalapeño para la variable peso total de frutos.



CONCLUSIONES

En base a las hipótesis planteadas y los resultados obtenidos de los análisis de varianza tanto de Griffing como de Gardner y Eberhart podemos concluir lo siguiente:

La hipótesis de existe variación en el tipo de efecto genético que interviene en la manifestación de las características agronómicas en el cultivo del chile, podemos decir que se acepta ya que se encontró que para algunas características como longitud de fruto, y peso individual de fruto la ACG fue las importante, mientras que para diámetro de fruto y altura de planta la ACE fue determinante.

La hipótesis que enuncia que hay diferencia en el grado de heterosis que se presenta al cruzar diversos progenitores de chile, con respecto a esto se observaron diferencias altamente significativas para heterosis en casi todas las características evaluadas, además de que esta tendencia se repitió para heterosis promedio, heterosis varietal, donde se observaron las mayores diferencias entre las características evaluadas, y también para heterosis específica. Con lo que podemos aceptar dicha hipótesis.

En lo referente a la hipótesis que argumenta que es posible detectar cruzas de chile jalapeño con características agronómicas sobresalientes y alto rendimiento tomando en cuenta los resultados vertidos en los cuadros de ACE y heterosis se pueden seleccionar aquellas cruzas que presentaron mejores valores para ambos ACE y heterosis con lo que se puede asegurar la selección de cruzas con características sobresalientes. Por lo que la hipótesis se acepta.

Existieron efectos altamente significativos ($P < 0.01$) para la mayoría de las características evaluadas.

En general los efectos de tipo aditivo ACG fueron más importantes en las características evaluadas.

En longitud de frutos se presentaron cruzas con valores de heterosis sobresalientes 2x3, 3x4 y 3x5, en todos ellos el progenitor tres participo.

Para diámetro de frutos las cruzas 2x3 y 2x4 fueron las sobresalientes y el progenitor en común fue el dos.

En el número total de frutos existieron valores muy altos de heterosis 107.874 y 151.493 por ciento los cuales correspondieron a las cruzas 1x5 y 4x5, y el progenitor en común es el cinco. Mismas que se repitieron para peso total de frutos.

Los resultados el análisis biplot realizados para peso total de frutos coinciden con los resultados obtenidos del análisis de Gardner y Eberhart, mismos que ratifican que los mejores progenitores son el uno y el cinco

RESUMEN

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS EN CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum L.*) PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Las hortalizas juegan un papel muy importante en la economía mundial, esto por la cantidad de personas que se requieren durante la estación de crecimiento, además de sus propiedades nutricionales, estos balancean la dieta de animales y personas, junto con otros productos vegetales. Uno de los más importantes por sus características nutricionales y su aporte a la economía es el chile (*Capsicum spp*). Una de cada cuatro personas en el planeta comen chile diariamente. China es el principal productor mundial, seguido por México, Turquía, España, EUA y Nigeria. La producción mundial ha aumentado gradualmente en los últimos diez años con una tasa de crecimiento anual de 6.26 por ciento (Pozo, 2001, Elizondo 2002).

La presente investigación se dividió en dos partes. La primera fue la obtención de Cruzas la cual fue llevada a cabo en los invernaderos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. La segunda parte fue llevada a cabo en el campo experimental Sur de Tamaulipas (CESTAM) que se encuentra localizado en la Estación Cuahutemoc, en el área conocida como la “Huasteca”. Se utilizaron cinco líneas de Chile Jalapeño del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales

Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para hacer Cruzas dialelicas, obteniendose diez híbridos que fueron evaluados en el CESTAM.

El análisis de varianza mostró que no hubo diferencias significativas para altura de planta. Existieron diferencias significativas entre Cruzas y padres para la característica días a inicio de floración , y para heterosis especifica, heterosis varietal y heterosis promedio. El progenitor con la mejor ACG fue el uno con -3.533 con una alta significancia ($p > 0.01$) y el progenitor que mostró la ACG menos favorable fue el cuatro con 3.800 ($p > 0.01$) la cruza con mejor ACE fue a 2*3 con -4.250 ($p > 0.01$) y la cruza con menor ACE fue 1*2, la heterosis para esas Cruzas fue de -8.682 y -3.537 respectivamente.

Para días a principio de cosecha mostraron alta significancia ($p > 0.01$) para Cruzas y progenitors, variedades, heterosis, heterosis promedio y para heterosis especifica mostraron significancia ($p > 0.05$) el progenitor uno mostró -4.200 de ACG ($p > 0.01$) y el progenitor cuatro obtuvo 4.467 ACG ($p > 0.01$) la mejor cruz fue 2*3 con -3.250 ACE ($p > 0.05$) la cruza con la ACE menos favorable fue 1*2 con 4.917 ($p > 0.05$) la heterosis para el mejor progenitor fue de -2.317 para el padre dos y la menos favorable fue para el cinco con 2.350. la mejor cruza para heterosis fue 2*4 con -7.004 . cabe mencionar que para días a inicio de floración, y días a inicio de cosecha los valores negativos son mejores ya que esto asegura precosidad en los materiales evaluados.

En el número total de frutos existieron valores muy altos de heterosis 107.874 y 151.493 por ciento los cuales correspondieron a las cruzas 1x5 y 4x5, y el progenitor en común es el cinco. Mismas que se repitieron para peso total de frutos.

Los resultados del análisis biplot coincidieron con los resultados obtenidos en el análisis de Gardner y Eberhart, con lo que se demuestra que el biplot es una manera sencilla de visualizar los resultados de un análisis dialélico con lo que se puede predecir de una manera confiable cuales serán las mejores cruzas, los progenitores con un desempeño mas deseable tanto para ACE como para ACG.

LITERATURA CITADA

- Alencar de S. J. W. Roberto M. 2003 Diallel analyses and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* jacq.). *Scientia Agricola*, V. 60, n 1 p 105-113
- *ASERCA. 1998. Chile verde. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. México, D. F. Claridades Agropecuarias. Revista No. 56. 40 p.
- Bauer, E. 2001. Molecular and agronomic investigations on the genetic diversity in triticale. Project research list, University of Hohenheim, Holland. (www.uni-hohenheim.de/i3ve/00217110/01306041.htm). Fecha de consulta: 02/12/2001.
- Carena, M. J. and A. R. Hallauer. 2001. Expression of heterosis in leaning and midland corn belt dent populations. *The Jour. Iowa Acad. of Sci.* 108: 73-78.
- Crossa, J., S. Taba and E. J. Wellhausen. 1990. Heterotic patterns among Mexican races of maize. *Crop Sci.* 30: 1182-1190.
- Darme, G. M. V. 1977. Genic analysis of yield components in binjal. *Mysorr, J. Agric. Sci.* 11. pp. 426.
- De la Rosa L. A., De L. Humberto C., R. Froylán S. y M. Gaspar Z. 2006. Efectos Genéticos, Heterosis y Diversidad Genética entre Híbridos Comerciales de Maíz Adaptados a el Bajío Mexicano. *Revista Fitotecnia Mexicana* vol 29(3): p 247-254
- Dikhil, S. P., L. I. Studentsova and V. S. AniKeenko. 1973. Heterosis in pepper. *Trudy po Priklandnoi Botanike, genetike i selektissi* 49: 252-269 (Plant Breed. Abstr. 44. p. 161).

- Elizondo P., A. 2002. Chile Picante. Servicio de Información de Mercados (SIM). Consejo Nacional de Producción (CNP). Boletín 2, Año 1. San José, Costa Rica.
www.mercanet.cnp.go.cr/SIM/Frutas_y_Vegetales/documentospdf/Chilepicante_Set02.pdf) Fecha de consulta: 04/11/2004. 4 p.
- Falconer, D. S. y T.F.C. Mackay. 2001. Introducción a la genética cuantitativa. Compañía Editorial Acribia. España, 303-304, 430 p.
- FAO. 2001. FAOSTAT.
<http://apps.fao.org/lim500/nphrap.pl?Production.Crops.Primary&Domain=SUA&Lenguaje=español&servlet=1>) Fecha de consulta: 07/01/2004.
- Falconer, D. S. 1971 Introducción a la genética cuantitativa. Compañía Editorial Continental, México. pp 303-304.
- Franceschetti, U. 1971. Natural cross pollination in pepper (*Capsicum annuum* L.). Proc. Eucarpia Meeting on genetic and breeding of Capsicum. Turin, Italy. pp: 346-353.
- G. Legesse., 2005 combining ability study for green fruit yield and its components in hot pepper (*Capsicum annuum* L). Acta Agronomica Hungarica. P 373-380.
- Gardner C O, and S A Eberhart (1966) Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. Biometrics 22:439-452.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Austr. Jour. Biol. Sci. 9: 463-493.
- Hayman, B. I. 1960 The theory and analysis of diallel crosses. III. Genetics. 45. pp. 155-172.
- Hallauer, A. R. and J. B. Miranda F. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. The Iowa State University Press, Ames, Iowa. 468 p.
- Hallauer, A. R., W. A. Russell and K. R. Lamkey. 1988. Corn Breeding. *In*: Corn and Corn Improvement. 3th Ed. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. pp: 463-564.

- Hull, F. H. 1945. Recurrent selection for specific and combining ability in corn J. Am. Soc. Agron, 37. pp. 134-145.
- Ibañez, M. A., M. Cavanagh, M., N. Bonamico, C., M., Di Renzo A. (2006) Análisis Gráfico Mediante Biplot del Comportamiento de Híbridos de Maíz. Ria, 35 (3) 83-93 INTA, Argentina.
- Kevin, L.C., A.C. Gabert and J.R. Baggett; 1995, Combining Ability and Correlations for Fruit Firmness Components in Partenocarpic X Non Partenocarpic Pickling Cucumer Hybrids, Hort Science, Vol. 30 (4). pp. 822.
- Kohler U., Luniak M. (2005) Darta Inspection Using Biplots The Stata Journal 5 (2) 208 -223
- Kroonenberg M. P. , 1997 Introduction to Biplots For GxE Tablets, Department of Mathematics, The University of Queensland, Brisbane, Qld 4072 Australia.
- Laborde C., J. A. y O. Pozo C. 1984. Presente y pasado del chile en México. Publicación Especial No. 85. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México, D. F. 80 p.
- Lima P. C., F. Daniel F., De S. Julio S. B.F., P. Magno A. R., 2003. Some insights into the sums of square and associated hypotheses of the Gardner and Eberhart diallel model. Ciènc. Agrotec., Lavras. V. 27, n.5, p. 1113-1121, set/out.,
- Márquez S., F. 1988. Genotecnia Vegetal. Métodos, teoría, resultados. Tomo I. AGT Editor. México, D. F. 357 p.
- Márquez S., F. 1995. Métodos de mejoramiento genético del maíz. Universidad Autónoma Chapingo. México. 77 p.
- Martín, J. M., L. E. Talbert, S. P. Lanning and N. K. Blake. 1995. Hybrid performance in wheat as related to parental diversity. Crop Sci. 35: 104-108.
- Martínez, A. G., 1983; Diseños y análisis de experimentos de cruza dialélicas Colegio de Postgraduados. pp 13.

- Martínez Z., G., J. Butrón R. y A. J. Lozano R. 1990. Utilización de las cruzas invierno por primavera en mejoramiento de trigo común. Memoria del XIII Congreso Nacional de Fitogenética. p. 328.
- Martínez Z. G., J. R. A. Dorantes G; M. Ramírez M., De La Rosa L. A., y O. Pozo C. 2004, Efectos genéticos y heterosis de caracteres de calidad comercial en chile serrano. Memorias de la Primera Convención Mundial del chile 2004. p 21-28
- Martínez Z. G., J. R. A. Dorantes G; M. Ramírez M., De La Rosa L. A., y O. Pozo C. 2005. Efectos genéticos y Heterosis en la vida de anaquel del chile serrano. Revista Fitotecnia Mexicana vol 28(4): p 327-332
- Melchinger, A. E., and R. K. Gumber. 1998. Overview of heterosis and heterotic groups in agronomic crops. *In*: Lamkey, K. R., and J. E. Staub (eds.). Concepts and Breeding of heterosis in crop plants 1998. CSSA Special Publication Number 25. Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin. pp: 29-44.
- Moll, R. H., J. H. Lonquist, J. V. Fortuno and E. C. Johnson. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics* 52: 139-144.
- Moll, R. H., W. S. Salhauana and H. F. Robinson. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop Sci.* 2: 197-198.
- Montes, H. S. 2002. Genetic Resources of Chile (*Capsicum spp*) in Mexico. 16th International Pepper Conference pp 11 and 12.
- Murray L.W., R. Ian M., D. Haiying and Segovia-Lerma A. 2003. Clarification and Reevaluation of Population-Based Diallel Analyses: Gardner and Eberhart Analyses II and III Revisited. *Corp Science*, vol 43. p 1930-1937.
- Odland, M. L. and A. M. Porter. 1941. A study of natural crossing in pepper (*Capsicum frutescens* L.). *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 38: 585-588.
- Pozo C., O. 1981. Descripción de tipos y cultivares de chile (*Capsicum spp.*) en México. Folleto técnico No. 77. INIA, SARH, México.

- Pozo C., O. 2001. Programa Nacional de Investigación en Chile. Campo Experimental Sur de Tamaulipas, CIRNE-INIFAP. 45 p.
- Pozo C., O. y M. Ramírez M. 1994. Gigante Ébano y Paraíso. Nuevas variedades de Chile serrano en México. Folleto Técnico No. 10. CESTAM-CIRNE-INIFAP.
- Pozo C., O. y M. Ramírez M. 1998. Don Pancho y Don Benito. Cultivares de Chile jalapeño para el trópico húmedo de México. Folleto técnico No. 15. CESTAM-CIRNE-INIFAP.
- Pozo C., O., S. Montes H. y E. Redondo J. 1991. Chile (*Capsicum spp.*). In: Ortega P., R., G. Palomino H., F. Castillo G., V. A. González H. y M. Livera M. (eds.). Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. 1991. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México, D.F. pp. 217-238.
- Ray, I. M., A. Segovia L., L. W. Murray and M. S. Townsend. 2001. Heterosis and AFLP marker diversity among nine alfalfa germplasms. *Theor. Appl. Genet.* 95: 101-116.
- Riday, H. and E. C. Brummer. 2001. Heterosis in alfalfa: *Medicago sativa* subsp. *sativa* x subsp. *falcate*. *Theor. Appl. Genet.* 95: 135-139.
- Robles, S. R. 1971. Terminología Fitogenética y Citogenética. Herrero Hermanos Sucesores. México, pp. 19 y 75
- Schnell, F. W. 1982. A synoptic study of the methods and categories of plant breeding. *Z. Pflanzenzüchtg.* 89: 1-18.
- SAS INSTITUTE. 1979. SAS user's guide. SAS Institute Inc. Raleigh, N. C. (V 6.12)
- Schon, C. C. 2001. Analysis of heterotic patterns in *Vicia faba* L. and development of germplasm for hybrid varieties. Project research list. University of Hohenheim, Holland. (www.uni-hohenheim.de/i3ve/00217110/02094041.htm). Fecha de consulta: 02/12/2001.

- Shifriss, C., and I. Rylski. 1973. Comparative performance of F₁ hybrids and open pollinated "Bell" pepper varieties under sub optimal temperature regimens. *Euphytica* 22: 530-534.
- SIAP. 2007. Anuario Estadístico. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA. www.siap.sagarpa.gob.mx (12 Octubre 2007).
- Sprague, G. F. y L. A. Tatum. 1942. A general vs. specific combining ability in single crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron.* 34: 923-932.
- Soriano V. J. M., 2000. the parametric restrictions of the Gardner and Eberhart diallel analysis model: Heterosis analysis. *Genetics and molecular Biology.* 23, 4, 869-875.
- Tanksley, S. D. 1984. High rates of cross-pollination in chile pepper. *HortScience* 19:580-582.
- Thomas, P. and K. V. Peter. 1988. Heterosis in intervarietal crosses of bell pepper (*Capsicum annuum* var. *grossum*) and hot chilli (*C. annuum* var. *fasciculatum*). *Ind. Jour. Agric. Sci.* 58: 747-750.
- Tiwari, R.D. 1966. Studies on hybrid vigor in *Solanum melongena*. *J. Indian Bot. Soc.* 45, pp. 138-149.
- Vasal, S. K. 1999. Tropical maize and heterosis. *In: Coors, J. G. and S. Pandey (eds.). The genetics and exploitation of heterosis in crops.* pp: 363-373.
- Yahia, E. M. 1995. *Postharvest Handling of Horticultural Crops.* ASHS Press, Arlington, VA.
- Zhang. Y., S. Manjit K. y R. Kemdall L. 2005 Diallel- SAS05: A Comprehensive Program for Griffing's and Gardner-Eberhart Analyses. *Agronomy Journal* vol 97., p. 1097-1106