

## I. INTRODUCCIÓN

La agricultura es la actividad de mayor interés para el hombre, radicando su importancia en la producción del alimento que requiere para poder subsistir. Esto le confiere el ser un oficio radical para el impulso de la economía y el desarrollo de cualquier país. Mientras no haya otra forma de obtener los alimentos básicos que no sea trabajando la tierra, la agricultura seguirá siendo pilar de la existencia del ser humano.

Gracias a la investigación científica agrícola se puede llevar a cabo el mejoramiento genético de los vegetales, el cual hace posible el incremento en la productividad de estos y, de esta manera, abastecer a toda la humanidad del indispensable alimento.

Dentro de los vegetales que cultiva el hombre para su alimentación, las hortalizas desempeñan un papel de gran interés para la economía mundial, tanto por la gran cantidad de empleos que generan durante su ciclo de cultivo como por sus enormes propiedades nutricionales, las cuales balancean la dieta alimenticia de personas y animales en conjunto con otros vegetales y alimentos.

Una de las hortalizas de mayor importancia económica y nutricional es el chile (*Capsicum spp.*, Orden Tubiflorae, Familia Solanaceae). En la población mundial, se estima que una de cada cuatro personas consume diariamente chiles. China es el principal país productor de chile a nivel mundial, 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 por ciento (Pozo, 2001; Elizondo, 2002).

En México el chile es una hortaliza que se produce en casi todo el país, en los dos ciclos agrícolas, y forma parte del grupo de los principales productos hortofrutícolas exportados. El 80 por ciento de la producción nacional se consume internamente. Dentro de los productos hortícolas nacionales, el chile es el tercer cultivo más importante, precedido únicamente por el tomate y la papa (ASERCA, 1998).

El chile es un producto con una tradición milenaria en nuestro país. La historia ha permitido conocer que existen restos arqueológicos que datan de 5,000 a 7,000 años A.C., en el Valle de Tehuacán, Puebla y en Ocampo, Tamaulipas. Es por este motivo que México y una parte de América Central son considerados centros de origen del género *Capsicum*. México es el país donde existe la mayor diversidad genética del género *Capsicum* en todo el mundo (Laborde y Pozo, 1984; Pozo *et al.* , 1991).

Debido a la enorme diversidad de chiles que existen en el país, ha resultado muy difícil hacer una clasificación estándar. Algunos autores los clasifican por la cantidad de pungencia, otros por las condiciones climáticas que requiere cada variedad, y otros por las características del fruto, esto es la pungencia, el color, la forma, el sabor, el tamaño y su empleo. La mayor parte de las variedades de chile comercialmente cultivadas en el mundo y en México pertenecen a la especie *Capsicum annuum*, aunque hay otras también de importancia como lo son: el tipo tabasco (*C. frutescens*) y el habanero (*C. chinense*) (Pozo, 1981).

En lo que respecta a su arte culinario, México tiene una vasta cantidad de platillos a lo largo de su territorio y el ingrediente principal de estos platillos es el chile, que puede contener desde uno a varios tipos de chiles. Los tipos de chiles más comunes y de mayor importancia en el país son: el jalapeño, el poblano, el mirasol y la chilaca, que ya secos o procesados reciben el nombre de chipotle, ancho, guajillo, y negro, respectivamente. El chile serrano no se deshidrata debido a que su consumo es principalmente en fresco.

El mejoramiento genético de los tipos raciales de chile consiste, tradicionalmente, en hacer cruza entre líneas élite o variedades comerciales, siguiendo el esquema de hibridación- endocria y selección, conocido como selección genealógica o método de pedigrí. Algunos mejoradores de chile han explorado, eventualmente, esquemas poblacionales de mejoramiento

combinados con esquemas tradicionales, que les ha permitido incrementar la eficiencia de sus programas, en la obtención de nuevas variedades. También se han empleado métodos de mejoramiento como selección masal, selección de una sola planta, y retrocruzas (Pozo y Ramírez, 1994; 1998).

En el mejoramiento genético del chile, la elección del método depende del objetivo del mejoramiento y el material que es usado como padres. La estrategia del mejorador es acomodar en un cultivar el potencial superior genético para la producción, protección contra peligros de la producción y calidad mejorada. Han sido desarrollados cultivares usando la selección dentro de introducciones e hibridación seguido de selección. La hibridación es por lo general siempre dentro de una especie, pero se han hecho cruza ínter específicas, sobre todo *C. annuum* por *C. chinense*, satisfactoriamente (Bosland, 1996).

Del total de semilla empleada por los agricultores norteamericanos para la producción de chiles picantes, solamente el 2 por ciento es semilla híbrida (Janick, 1998).

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 especies, 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.

En esta investigación se realizaron cruzas dentro y entre los tipos raciales de Chile Guajillo (Mirasol), Jalapeño y Serrano con los siguientes objetivos.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Explorar el potencial genético de cruzas inter-raciales como estrategia de mejoramiento de Chile.

### **Objetivo específico:**

Establecer grupos heteróticos para rendimiento y caracteres cosméticos en los tipos de Chile serrano, jalapeño y guajillo.

### **Hipótesis:**

1. Las cruzas inter-raciales son de mayor potencial genético que las cruzas dentro de razas, para el mejoramiento de los tipos raciales, a través de un mejoramiento de la media y una ampliación de la varianza de los caracteres que determinan la calidad comercial.
2. Los tipos raciales constituyen grupos heteróticos naturales potencialmente útiles en el mejoramiento de los tipos de chile serrano, jalapeño y guajillo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades

El chile (*Capsicum annuum* L.) pertenece a la familia de las solanáceas. Es una especie autógama, monoica, de flores completas y perfectas cuya estructura facilita el trabajo básico de emasculación y polinización en un programa de mejoramiento genético.

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

Para el año del 2001, la producción mundial de chiles fue de 19,495,034 toneladas, con una superficie sembrada total de 1,491,600 hectáreas y un rendimiento promedio de 13.1 t ha<sup>-1</sup>. China es el principal país productor de chile en el mundo con el 42.26 por ciento de la producción total y el 29.73 por ciento de la superficie sembrada total mundial. México ocupa el segundo lugar mundial en producción de chile con 1,670,000 toneladas (8.57 por ciento), y una

superficie sembrada de 157,400 hectáreas (10.55 por ciento). Cabe destacar que en México, la extensión para la producción de chile es superior a la del tomate rojo con aproximadamente 76,000 hectáreas (FAO, 2001).

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).

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 chile es un complejo 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 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). Se estima que las variedades Ancho o Poblano, Serrano, Jalapeño y Mirasol, abarcan el 75 por ciento de la superficie total cultivada a nivel nacional (ASERCA, 1998).

## **Heterosis**

Se denomina heterosis o vigor híbrido al comportamiento tal como lo es el aumento de vigor, altura, rendimiento, resistencia, etc., de la progenie  $F_1$  (híbrido), resultante de la cruce entre dos poblaciones o líneas parentales (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 es un factor principal en todas las categorías del 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 fuente 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 pilas de germoplasma no emparentados genéticamente, comúnmente nombrados como grupos heteróticos (Falconer, 1981; Schnell, 1982; Hallauer y Miranda, 1988).

En el mejoramiento híbrido, los grupos y patrones heteróticos son de fundamental importancia. Un grupo heterótico señala un grupo de genotipos emparentados o no emparentados de la misma o de diferentes poblaciones, el cual muestra una similar aptitud combinatoria y una respuesta heterótica 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 un híbrido de alto desempeño en su cruce (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), así como otros caracteres agronómicos (De León *et al.*, 1997); el tipo estacional, como las cruces invierno por primavera 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).

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 por ciento (Tiwari, 1966) a 97 por ciento (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 por ciento a 91 por ciento, 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 por ciento, donde los valores más sobresalientes ocurren cuando grupos ecológicos diferentes con distintos progenitores son usados (Dikhil *et al.*, 1973). Shifriss y Rylski (1973), trabajando con chiles para exportar, observaron una ganancia en la heterosis de 9 por ciento en el rendimiento de los híbridos, en cambio para la calidad de exportación tuvieron heterosis del 75 por ciento.

En un trabajo realizado para el estudio de heterosis en cruces intervarietales 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 por ciento.

### **Diseños Genéticos**

Los diseños genéticos o diseños de apareamiento son planes de cruzamiento entre los individuos de una población, con el objeto de estudiar teóricamente los efectos y las varianzas genéticas que se presentan en las progenies (variables causales), para después relacionar aquellos con los datos empíricos de tales progenies (variables observables), y poder estimar los parámetros genéticos de interés. Normalmente éstas son las varianzas genéticas, ambientales y fenotípicas, a fin de obtener estimas de la heredabilidad (en sentido estrecho o amplio), para hacer predicciones de la respuesta a la selección. Para lograr los objetivos de los diseños genéticos se hace una serie de supuestos que pueden no corresponder a las situaciones reales. Esto debe ser así, porque de lo contrario no se podría llegar a resultado alguno. Tales supuestos son: apareamiento aleatorio, organismos diploides, sólo dos alelos en cada locus y ausencia de epistasis y de ligamiento entre loci (Márquez, 1985).

### **Dialélicos**

El análisis dialélico es una de las técnicas más útiles para estudiar la variación genética de las características específicas deseadas e identificar las cruzas idóneas para obtener segregantes superiores. Griffing (1956) propuso cuatro modelos de análisis dialélicos: el modelo 1 que involucra a los padres, cruzas directas y recíprocas; el modelo 2 que requiere padres y cruzas directas; el modelo 3 necesita sólo cruzas directas y recíprocas, y el modelo 4 que emplea solamente cruzas directas. Los modelos 1 y 3 se usan cuando se sospecha de la existencia de efectos maternos en las cruzas.

Las cruzas dialélicas se componen de las cruzas simples que pueden lograrse entre los elementos de un conjunto básico de líneas progenitoras. Esto constituye un procedimiento importante en el desarrollo de un programa de mejoramiento genético en algunos cultivos. Su empleo actual tiene su origen en el desarrollo de los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG), y aptitud combinatoria específica (ACE), establecidos por Sprague y Tatum (1942), quienes definen la ACG como el comportamiento promedio de una línea o clon en combinaciones híbridas; y la ACE como las desviaciones de ciertas cruzas que son mejores o peores en base al comportamiento promedio de las líneas o clones que intervienen en el cruzamiento.

Lupton, (1965), señala que el análisis de cruzas dialélicas en especies autóгамas es una poderosa herramienta para la detección de variedades de alto potencial genético en programas de mejoramiento.

El método de análisis dialélico constituye una buena herramienta para asegurar méritos a variedades como progenitoras en un número de cruzas. Este método de análisis permite además conocer la naturaleza genética de los caracteres y la elección del método genotécnico más adecuado para obtener el máximo avance genético (Salamanca, 1975).

### **Diseño II de Carolina del Norte**

Para este diseño se hacen los cruzamientos posibles entre un grupo de individuos como machos ( $m$ ) y otro grupo de individuos como hembras ( $h$ ); se tienen en total  $mh$  cruzamientos. Cada apareamiento produce una familia de hermanos completos, y el grupo de cruzas que tengan un progenitor común (macho o hembra) constituye una familia de medios hermanos. A nivel de apareamiento entre individuos, este diseño sólo podría usarse en plantas multiflorales en las que sea posible hacer cruzamientos separados (Comstock y Robinson, 1952).

### **III. 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 se localiza 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”; así como en el Instituto Tecnológico Agropecuario No. 33 (ITA 33), ubicado en Roque, municipio de Celaya, Guanajuato, en la zona llamada “El Bajío”.

#### **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 de los campos 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.

El ITA 33 se ubica geográficamente a los 20° y 26' de Latitud Norte y 103° 19' de Longitud Oeste, a una Altitud de 1750 msnm, en el km 8 de la carretera Celaya-Juventino Rosas, en el Bajío en la zona Centro-Este del Estado de Guanajuato. La temperatura media anual es de 18.4°C.

## **Material germoplásmico**

Se utilizaron líneas élite y variedades comerciales representativas de los tipos raciales ancho, serrano, jalapeño y guajillo. Se emplearon 5 materiales dentro de cada raza, dando un total de 20 genotipos. Cada una de estas variedades fungió como progenitor al momento de realizar los cruzamientos. En el cuadro 3.1 se muestran los materiales usados para la formación de los híbridos.



Cuadro 3.1 Progenitores empleados en los cruzamientos.

<b>Número</b>	<b>Línea o Variedad</b>	<b>Tipo de chile</b>
<b>Ancho</b>		
1	AP 96-6	Ancho Poblano
2	AP 97-24	Ancho Poblano
3	Ancho Saltillo 79-4	Ancho Poblano
4	Carmín 6-1	Ancho Poblano
5	AM 97-47	Ancho Mulato
<b>Guajillo</b>		
6	Guajillo Zacatecas 1	Guajillo
7	Guajillo Zacatecas 2	Guajillo
8	Guajillo San Luis	Guajillo
9	Guajillo Inifap	Guajillo
10	Guajillo-Puya Salitrillo	Puya- Guajillo
<b>Jalapeño</b>		
11	Don Pancho	Jalapeño
12	Chijal 10-19	Jalapeño
13	Don Benito	Jalapeño
14	Criollo: Chiapas Largo	Jalapeño Rayado
15	Chijal EB13	Jalapeño Espinalteco
<b>Serrano</b>		
16	Gigante Ébano	Serrano
17	Chiser P8-60-3	Serrano
18	Chiser 16-31-2	Serrano
19	Paraíso	Serrano
20	Tampiqueño 74	Serrano

### **Formación de progenies y poblaciones intra e inter-raciales**

**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 trasplantaron a los bancales del invernadero a dos plantas por mata para

después aclarear a una planta, dejando dos plantas por surco de cada progenitor a distancias de 50 cm entre surcos y entre plantas.

**Cruzamientos.**- En el cuadro 3.2 se indica el plan que se siguió para efectuar las polinizaciones.

Para la formación de las cruzas intra-raziales se cruzaron las líneas representativas de cada raza como lo fue Ancho (A x A), Serrano (S x S), Jalapeño (J x J), y Guajillo (G x G). Estas polinizaciones se hicieron mediante un diseño de apareamiento de cruzas dialélicas.

En la formación de las cruzas inter-raziales se cruzaron las líneas de las diferentes razas: Ancho por Guajillo (A x G), Ancho por Jalapeño (A x J), Ancho por Serrano (A x S), Jalapeño por Serrano (J x S), Guajillo por Serrano (G x S), y Guajillo por Jalapeño (G x J). Para estas polinizaciones se siguió el diseño de apareamiento de Carolina del Norte II.

**Siembra en charolas de la semilla híbrida.**- Después de haber hecho las cruzas 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, trasplantar a campo.

La siembra en campo fue en surcos de 1 m de ancho por 1 m de largo, 2 m entre surcos, trasplantando 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.

Cuadro 3.2 Plan de cruzamientos entre y dentro de tipos raciales de Chile.

♀	♂	ANCHO					GUAJILLO					JALAPEÑO					SERRANO				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ANCHO	1		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	2			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	3				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	4					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	5						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
GUAJILLO	6							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	7								x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	8									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	9										x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	10											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
JALAPEÑO	11												x	x	x	x	x	x	x	x	x
	12													x	x	x	x	x	x	x	x
	13														x	x	x	x	x	x	x
	14															x	x	x	x	x	x
	15																x	x	x	x	x
SERRANO	16																	x	x	x	x
	17																		x	x	x
	18																			x	x
	19																				x
	20																				

### Evaluación de campo

**Análisis Estadístico.**- Para la evaluación de los híbridos se empleó el diseño Bloques Completos al Azar, con dos repeticiones por localidad, debido a la limitada cantidad de semilla. El modelo matemático fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$\mu$  = Media general del modelo

$\beta_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo bloque

$\tau_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental o efecto de variables no cuantificadas por el modelo.

Además, para cada variable se obtuvieron los estadísticos absolutos como lo son: media, máximo, mínimo, rango, y varianza.

**Análisis Genético.**- Para estimar los efectos genéticos de las diferentes variables de las cruzas intra-raciales, se empleó el método II de Griffing, bajo el siguiente modelo genético (Márquez, 1985):

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + G_j + S_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor fenotípico de la  $ij$ -ésima craza o progenitor.

$\mu$  = Media Poblacional

$i, j = 1, 2, 3, \dots, p$  Progenitores

$G_i$  = Efecto de la ACG del  $i$ -ésimo progenitor

$G_j$  = Efecto de la ACG del  $j$ -ésimo progenitor

$S_{ij}$  = Efecto de la ACE del  $i$ -ésimo progenitor con el  $j$ -ésimo progenitor

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto aleatorio del  $k$ -ésimo individuo inherente a la  $ij$ -ésima cruza.

Para la estimación de los efectos genéticos de las variables de las cruzas inter-raciales, se utilizó el diseño II de Carolina del Norte con el siguiente modelo lineal (Hallauer y Miranda, 1988):

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + H_j + (MH)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor fenotípico del  $i$ -ésimo macho, de la  $j$ -ésima hembra y de la interacción del apareamiento  $ij$

$\mu$  = Media general

$M_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo macho

$H_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima hembra

$(MH)_{ij}$  = Efecto de la interacción del apareamiento  $ij$

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto de la desviación del  $k$ -ésimo individuo del apareamiento  $ij$

### **Variables evaluadas**

**Días a Inicio de Floración (DIF).**- Se contaron los días que tardaron las plantas en tener el 50 por ciento 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 y en cada corte.

**Rendimiento (PTF).**- Se contó el rendimiento de fruto de las 4 plantas centrales en cada corte, para posteriormente transformar estos datos a toneladas por hectárea ( $t\ ha^{-1}$ ).

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

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se debe señalar que, por motivo de los hábitos de fructificación específicos de la raza de chile ancho, no se pudieron obtener todas las cruzas planeadas para la finalidad de este trabajo, por lo que solamente se presentarán resultados de los tipos de chile guajillo, jalapeño y serrano, y de sus combinaciones entre ellos.

También es necesario comentar que debido a que se presentaron excesivas precipitaciones pluviales en la región del Bajío, esto originó una gran incidencia de enfermedades fungosas, lo que ocasionó una pérdida total del ensayo establecido en dicha región. De este modo que solamente se presentarán resultados de la localidad de Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas.

Debido a que en el presente trabajo se evaluaron las progenies de cruzas **intra** e **inter** raciales de Guajillos, Jalapeños y Serranos, asignaremos como Grupo 1 a las cruzas intra raciales de Guajillo; Grupo 2 a las cruzas intra raciales de Jalapeño, y Grupo 3 a las cruzas intra raciales de Serrano. En lo que respecta a las cruzas inter raciales, llamaremos Grupo 4 a las cruzas inter raciales de Guajillo por Jalapeño; Grupo 5 a las cruzas inter raciales de Guajillo por Serrano, y Grupo 6 a las cruzas inter raciales de Jalapeño por Serrano.

Hay que señalar que no se hace referencia a las cruzas específicas de los materiales que están dentro de cada grupo ya que no es el objetivo de la presente investigación, solamente se mencionan las características genético-estadísticas de cada grupo intra e inter racial. No se discute la variable Altura de Planta (AP), ya que no mostró diferencias significativas en ningún grupo racial.

El presente apartado se divide en tres secciones: Discusión de los Descriptores Estadísticos, Discusión del Análisis Genético, y Discusión del Análisis de los Componentes de Varianza.

### **Descriptores Estadísticos**

En el cuadro 4.1, para la variable Número total de Frutos (NTF), los grupos 1, 2, y 3, guajillos, jalapeños y serranos, mostraron una media de 98.60, 100.20 y 244 frutos, respectivamente; Mientras que los grupos 4, 5 y 6, que son las cruzas de guajillo por jalapeño, guajillo por serrano, y jalapeño por serrano, tuvieron valores medios de 92.70, 140.60 y 136.80 frutos, respectivamente. Se puede apreciar que la media de guajillo aumentó al cruzar al guajillo con serranos, mientras que su cruce con jalapeños redujo su media. Para jalapeños, su media también aumentó al cruzarse con serranos, pero no así con guajillo. En serranos, no se incrementó la media y por el contrario, se redujo considerablemente al cruzarse con guajillos y jalapeños. Esto resulta razonable



ya que los serranos por sí mismos tienen un hábito floral muy rápido e indeterminado en comparación con los grupos de guajillos y jalapeños. Respecto a sus varianzas, los grupos 1, 2 y 3 tuvieron varianzas de 1723, 1082 y 1637 respectivamente, y los grupos 4, 5 y 6 sostuvieron varianzas de 573, 1734 y 1504, respectivamente. La varianza de guajillos cayó al cruzarse con jalapeños y aumentó levemente al cruzarse con serranos. En jalapeños, la varianza cayó al cruzarse también con guajillos, pero no así al cruzarse con serranos, donde aumentó significativamente. Para el caso de serranos la varianza se incrementó ligeramente al cruzarse con guajillos y disminuyó un poco en sus cruza con jalapeños. Considerado el aumento en las varianzas como el incremento en su variabilidad fenotípica, se observa que las ganancias en diversidad son favorables al cruzar los guajillos y los jalapeños con los serranos, los cuales por naturaleza propia, cargan muchos frutos. Para el caso de las medias, los guajillos mejoraron su número total de frutos al cruzarlos con serranos, al igual que los jalapeños al cruzarlos con serranos, pero los serranos no necesitan de los cruzamientos inter raciales ya que con sus cruza intra raciales muestran mejores comportamientos.

Cuadro 4.1 Estadísticos<sup>1</sup> absolutos de las variables Número Total de Frutos (NTF), Peso Total de Frutos (PTF), Peso Individual de Fruto (PIF), Altura de Planta (AP), Días a Inicio de Floración (DIF), Días a Inicio de Cosecha (DIC), Longitud de Fruto (LF) y Diámetro de Fruto (DF) en cruza intra e inter raciales de Chile.

♀	♂	GUAJILLO					JALAPEÑO					SERRANO				
		Med	Máx	Mín	Rang	Var	Med	Máx	Mín	Rang	Var	Med	Máx	Mín	Rang	Var
GUAJILLO	NTF	98.60	196.00	55.00	141.00	1723.1	92.70	155.00	59.00	96.00	573.10	140.60	238.00	71.00	156.00	1734.0
	PTF	8.4	11.50	4.50	6.70	3.700	9.9	15.00	6.10	8.90	4.20	7.2	11.10	3.30	7.80	3.40
	PIF	28.40	44.40	13.30	28.20	90.10	33.50	48.90	17.50	31.40	73.30	16.70	34.20	6.60	27.70	40.90
	AP	43.50	58.50	36.00	22.50	25.30	47.40	63.00	35.50	27.50	50.20	47.90	62.50	35.00	26.50	36.20
	DIF	75.30	80.00	60.00	20.00	53.78	75.50	87.00	60.00	27.00	66.38	78.00	90.00	60.00	30.00	63.27
	DIC	114.80	127.00	100.00	27.00	75.43	120.70	135.00	105.00	30.00	88.06	123.70	135.00	104.00	31.00	69.08
	LF	12.00	16.10	9.00	7.10	3.99	10.70	15.70	7.50	8.20	2.74	9.10	11.00	6.30	4.70	0.85
	DF	2.60	3.70	1.80	1.90	0.23	2.80	4.30	1.70	2.60	0.25	1.90	3.00	1.20	1.80	0.11
JALAPEÑO	NTF						100.20	192.00	53.00	139.00	1081.8	136.80	250.00	38.00	212.00	1504.2
	PTF						10.7	13.80	6.10	7.70	4.60	7.3	12.00	4.40	7.80	4.20
	PIF						33.30	44.80	21.60	23.20	33.90	16.90	38.70	8.20	50.50	32.20
	AP						44.00	51.00	33.00	18.00	26.70	46.30	62.00	29.00	33.00	39.40
	DIF						72.20	80.00	65.00	15.00	24.10	73.90	85.00	65.00	20.00	27.59
	DIC						117.20	127.00	110.00	17.00	23.90	119.00	131.00	110.00	21.00	33.43
	LF						8.20	10.10	6.50	3.60	0.83	7.40	10.50	4.10	6.40	1.24
	DF						2.90	3.40	2.00	1.40	0.07	2.20	3.10	1.70	1.40	0.08
SERRANO	NTF											244.00	310.00	164.00	146.00	1636.8
	PTF											7.9	10.50	4.40	6.10	2.60
	PIF											9.70	12.20	8.00	4.10	2.40
	AP											50.50	70.50	35.50	35.00	86.20
	DIF											73.20	85.00	65.00	20.00	25.85
	DIC											117.90	130.00	110.00	20.00	31.88
	LF											6.30	7.70	5.30	2.40	0.36
	DF											1.60	2.00	1.20	0.80	0.04

<sup>1</sup> Med = media, Máx = máximo, Mín = mínimo, Rang = rango, Var = varianza.

En la variable Peso Total de Frutos (PTF), que es el rendimiento, las medias de los grupos 1, 2 y 3, fueron de 25.32, 32.02 y 23.64 t ha<sup>-1</sup>, con varianzas de 3.70, 4.60 y 2.60, respectivamente; y los grupos 4, 5 y 6 con medias de 29.72, 21.70 y 21.96 t ha<sup>-1</sup>, y varianzas de 4.20, 3.40 y 4.20, respectivamente. Se observa que la media de guajillos aumenta al cruzarse con jalapeños y que disminuye al hacer lo mismo con serranos, y en sus varianzas ocurre igual que en sus medias. En el caso de los jalapeños, su media disminuyó al cruzarlos con guajillos y serranos, sucediendo lo mismo en sus varianzas. De serranos podemos decir que su media bajó al mezclarse con guajillos y jalapeños, pero las varianzas aumentaron en guajillos y más aún en jalapeños. En el caso de los serranos, aunque se redujeron las medias de rendimiento en las cruzas con guajillos y jalapeños, aumentó la variabilidad en éstas cruzas, por lo que se supone que para cuestiones de selección en serranos es muy posible encontrar genotipos superiores en rendimiento con éstas cruzas. En esta característica se observa que el tipo racial que salió ganado en rendimiento fue el de guajillos al cruzarlo con jalapeños, además de crear mayor variabilidad.

Tocante a la variable Peso Individual de Fruto (PIF), el comportamiento promedio de los grupos 1, 2 y 3 fue de 28.40, 33.30 y 9.70 gramos, con varianzas de 90.10, 33.90 y 2.40, respectivamente; y los comportamientos medios de los grupos 4, 5 y 6 fueron de 33.50, 16.70 y 16.90 gramos, con varianzas de 73.30, 40.90 y 32.20, respectivamente. Al comparar la media de

los guajillos con las cruzas entre jalapeños y serranos, se ve que aumenta al cruzarse con jalapeños pero baja al hacerlo con serranos, y las varianzas bajan al cruzarse con ambas razas, lo que marca que la mayor variabilidad de guajillo está en sus cruzas intra raciales; esto se esperaba ya que el gran tamaño de este mezclado con el peso del jalapeño podría elevar el peso de las guajillos. La media de los jalapeños se mantuvo igual en su cruza con guajillos y bajó en la cruza con serrano, mostrando un notable incremento en variabilidad al cruzar los jalapeños con los guajillos. En serranos la media se elevó casi al doble al cruzarse con guajillos y jalapeños, y las varianzas de las cruzas con guajillos y jalapeños se incrementaron a más de 10 veces la varianza de serranos, lo que señala una enorme apertura de variabilidad para serranos. El tipo racial que más beneficios obtuvo para esta variable son los serranos, pues su cruza con las razas de jalapeños y guajillos se muestran muy prometedoras.

Los promedios de los grupos 1, 2 y 3 de la variable Días a Inicio de Floración (DIF), fueron de 75.30, 72.20 y 73.20 días, con varianzas de 53.78, 24.10 y 25.85, respectivamente; y para los grupos 4, 5 y 6, medias de 75.50, 78 y 73.90 días, con varianzas de 66.38, 63.27 y 27.59, respectivamente. Al cruzar guajillos con jalapeños y serranos se elevó la media sólo un poco, y las varianzas aumentaron en buena medida. Cabe mencionar que, aunque la media de la cruza guajillos con jalapeño es menor que la media de la cruza guajillo por serrano, la varianza del primero es mayor que la del segundo, lo que muestra que a pesar de un promedio bajo, se incrementa la oportunidad de

encontrar genotipos más precoces en esa cruce. En las cruces de jalapeños con guajillos y serranos, también se incrementaron las medias, y en la misma medida, sus varianzas. Referente a las cruces de serranos con guajillos y jalapeños, también se elevaron las medias de las cruces y del mismo modo, las varianzas. En esta variable se nota que las cruces inter raciales se volvieron ligeramente más tardías en comparación con las cruces intra raciales pero incrementaron sustancialmente su variabilidad.

En la variable Días a Inicio de Cosecha (DIC), los grupos 1, 2 y 3 tuvieron medias de 114.80, 117.20 y 117.90 días, con varianzas de 75.43, 23.90 y 31.88, respectivamente; y los grupos 4, 5 y 6 contaron con promedios de 120.70, 123.70 y 119 días, y con varianzas de 88.06, 69.08 y 33.43, respectivamente. Para guajillos, su cruce con jalapeño elevó su media y su varianza, y al cruzarse con serrano se elevó su media pero disminuyó su varianza. En jalapeños, la cruce de estos con guajillos y serranos aumentaron las medias y las varianzas, principalmente en la cruce de jalapeño por guajillo donde se incrementó la varianza a más del doble de la varianza de jalapeño. En las cruces de serranos con guajillos y jalapeños, también se elevaron sus medias y sus varianzas, específicamente en la cruce de serranos con guajillos, donde la varianza se eleva a más del doble de la varianza de serranos. Para esta variable, las cruces de jalapeños y serranos con guajillos crearon gran variabilidad en los híbridos, además del incremento de las medias.

En la variable Longitud de Fruto (LF), las cruzas de guajillos, jalapeños y serranos mostraron medias de 12, 8.20 y 6.30 centímetros, con varianzas de 3.99, 0.83 y 0.36, respectivamente; mientras que las cruzas de guajillo con jalapeño, guajillo con serrano y jalapeño con serrano tuvieron medias de 10.70, 9.10 y 7.40, con varianzas de 2.74, 0.85 y 1.24, respectivamente. La media de los guajillos cayó al cruzarlas con jalapeños y con serranos, al igual que sus varianzas. Al cruzar jalapeños con guajillos se elevó su media y su varianza notablemente, y la cruce de jalapeños con serranos provocó la baja de su media pero el aumento de la varianza. En serranos, al mezclarse estos con los guajillos y jalapeños, se incrementaron significativamente las medias y las varianzas pero, en el caso de la cruce jalapeños por serranos se nota una media menor a la de la cruce guajillos por serranos, pero la varianza de la primera cruce es mayor que la de la segunda. Es notorio que al cruzar los jalapeños y los serranos con los guajillos se aumenta el largo de los frutos de estos, pero no es factible usar jalapeños y serranos para cruzarlos con guajillos y tratar de aumentar el largo del fruto de este último.

Respecto a la variable Diámetro de Fruto (DF), los grupos 1, 2 y 3, mantuvieron medias de 2.60, 2.90 y 1.60 centímetros, con sus respectivas varianzas de 0.23, 0.07 y 0.04; las medias de los grupos 4, 5 y 6 fueron de 2.80, 1.90 y 2.20, con respectivas varianzas de 0.25, 0.11 y 0.08. Al cruzar los guajillos con jalapeños se incrementó levemente la media y la varianza, pero no así para la cruce de guajillos con serranos donde se redujo la media y la

varianza. En la combinación de jalapeños con guajillos y serranos se bajó un poco la media pero aumentó la varianza de jalapeños. La cruce de serranos con guajillos y jalapeños elevó en buena escala la media y la varianza de serranos. Para la mejora de esta característica en guajillos y serranos, es recomendable cruzarlos con jalapeños, pero estos últimos por sí solos muestran un mejor comportamiento que si se cruzan con los otros dos grupos, aunque crean mayor variabilidad.

### **Análisis Genético**

En este apartado se discutirán, primeramente, las cruces intra-raciales y posteriormente, las cruces inter-raciales.

#### **Cruzas Intra raciales**

Dentro de la raza de los chiles Guajillos (Cuadro 4.2) se observan diferencias altamente significativas en la variable Número Total de Frutos (NTF), para las cruces, además de mostrar diferencias significativas altas en sus componentes de Aptitud Combinatoria General (ACG) y ACE o Aptitud Combinatoria Específica como causa de las diferencias entre los progenitores y sus efectos en las cruces. La ACG muestra que hubo diferencias entre los padres quienes aportan los efectos aditivos. Por otro lado, la ACE señala que

hubo diferencias entre las cruzas, atribuibles a que se manifiestan los efectos de dominancia. Ambos tipos de efectos se muestran similares en importancia.

En la variable Peso Total de Frutos (PTF), que es el rendimiento, se observan diferencias altamente significativas en las cruzas, mostrando también diferencias altamente significativas en los componentes de ACE, mas no así para ACG, indicando, de este modo, que las diferencias entre las cruzas obedecen a genes con efectos de dominancia.

Cuadro 4.2 Cuadrados Medios de las variables Número Total de Frutos (NTF), Peso Total de Frutos (PTF), Peso Individual de Frutos (PIF), Altura de Planta (AP), Días a Inicio de Floración (DIF), Días a Inicio de Cosecha (DIC), Longitud de Fruto (LF), y Diámetro de fruto (DF) en Guajillos.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>NTF</b>	<b>PTF</b>	<b>PIF</b>	<b>AP</b>	<b>DIF</b>	<b>DIC</b>
Repeticiones	1	28.80	2714.450	0.591	6.05	6.050	7.2000
Tratamientos	9	3513.20**	639534.339**	189.690**	28.716	111.472**	156.688**
ACG	4	3412.95**	146487.117	383.778**	43.216	185.4166**	272.383**
ACE	5	3593.40**	1033972.117**	34.420**	17.116	52.3166**	64.1333**
Error	9	121.244	54325.006	0.462	41.383	1.383	1.7555

Cuadro 4.2 (Continuación).

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>LF</b>	<b>DF</b>
Repeticiones	4	0.499	0.184
Tratamientos	9	11.131**	0.794**
ACG	4	10.699**	1.031**
ACE	5	11.476**	0.605**
Error	36	1.234	0.088

Para la variable Peso Individual de Fruto (PIF) se indican diferencias altamente significativas en los tratamientos, así como alta significancia para



ACG y ACE, señalando que esta variable está supeditada en su expresión a efectos tanto aditivos como dominantes, siendo estos últimos mucho más importantes.

Existen diferencias altas significativamente en la variable de Días a Inicio de Floración (DIF) para las cruzas, de la misma forma fue para los factores de ACG y ACE, sin embargo, los genes de efectos aditivos son mucho más importantes para explicar las diferencias entre las cruzas.

Se observan diferencias significativas altas para la variable Días a Inicio de Cosecha (DIC) tanto en las cruzas, como en sus particiones de ACG y ACE.

En las variables Longitud de Fruto (LF) y Diámetro de Fruto (DF), se observan diferencias altas significativas para las cruzas, así como para sus componentes de ACG y ACE. Para estas dos variables, los efectos aditivos son más importantes que los de dominancia.

Como se puede apreciar, casi todas las variables son influenciadas por efectos de aditividad y dominancia, a excepción de la variable PTF que su expresión está dada únicamente por efectos dominantes.

En el cuadro 4.3 se presentan los resultados del análisis de varianza de la raza de chile Jalapeño. Se observan altas diferencias significativas en las

variables NTF, PTF, PIF, y DIF para el factor cruza y sus particiones en ACG y ACE. Esto indica que la diferencia en el comportamiento de las cruza para estas variables es debido a efectos aditivos y de dominancia.

En Días a Inicio de Cosecha (DIC), se muestra que hubo diferencias altamente significativas para las cruza y para el componente de ACG; pero sólo hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la parte de ACE. Esto indica que las diferencias entre cruza para esta variable corresponden, en mayor parte, a efectos de aditividad.

Para la variable Longitud de Fruto (LF), se obtuvieron diferencias significativamente altas en las cruza y en su parte de ACG, y sólo diferencias significativas se tuvieron en ACE. Esto, al igual que la variable DIC, indica más efectos de aditividad que de dominancia, explicando las diferencias entre las cruza.

Se presentaron diferencias significativas en la variable Diámetro de Fruto (DF), para las cruza y para ACG solamente. Con estos resultados se infiere que el grosor del fruto es una característica dada principalmente por efectos aditivos, al menos, para la raza de chile jalapeño.

Cuadro 4.3 Cuadrados Medios de las variables Número Total de Frutos (NTF), Peso Total de Frutos (PTF), Peso Individual de Frutos (PIF), Altura de Planta (AP), Días a Inicio de Floración (DIF), Días a Inicio de

Cosecha (DIC), Longitud de Fruto (LF), y Diámetro de fruto (DF), en Jalapeños.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>NTF</b>	<b>PTF</b>	<b>PIF</b>	<b>AP</b>	<b>DIF</b>	<b>DIC</b>
Repeticiones	1	4.050	85151.250	0.289	18.050	31.2500*	11.250
Tratamientos	9	2110.338**	775892.917**	71.193**	38.383	41.4500**	42.561**
ACG	4	3043.533**	785086.667**	137.929**	27.216	42.2833**	59.783**
ACE	5	1363.783**	768537.917**	17.804**	47.316	40.7833**	28.783*
Error	9	173.050	94954.028	0.323	41.938	6.0277	6.694

Cuadro 4.3 (Continuación).

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>LF</b>	<b>DF</b>
Repeticiones	4	0.462	0.074
Tratamientos	9	3.177**	0.139*
ACG	4	6.212**	0.191*
ACE	5	0.749*	0.098
Error	36	0.288	0.568

Los resultados del análisis de varianza de la raza Serrano se muestran en el cuadro 4.4. En este cuadro se aprecian significativas diferencias en la variable NTF para las cruzas y la ACG y no significativas para ACE, indicando solamente acción de efectos aditivos, como la responsable de las diferencias entre las cruzas.

La variable PTF tuvo diferencias significativas en las cruzas, pero mostró diferencias altamente significativas para ACG y no-significancia para ACE, mostrando de esta manera la acción de aditividad como la responsable de las diferencias entre las cruzas.

Cuadro 4.4 Cuadrados Medios de las variables Número Total de Frutos (NTF), Peso Total de Frutos (PTF), Peso Individual de Frutos (PIF), Altura de Planta (AP), Días a Inicio de Floración (DIF), Días a Inicio de Cosecha (DIC), Longitud de Fruto (LF), y Diámetro de fruto (DF), en Serranos.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>NTF</b>	<b>PTF</b>	<b>PIF</b>	<b>AP</b>	<b>DIF</b>	<b>DIC</b>
Repeticiones	1	186.050	5678.450	0.130	5.000	1.800	5.000
Tratamientos	9	2629.161*	421033.117*	4.979**	163.355	45.355*	54.755*
ACG	4	3457.133*	785497.450**	10.504**	216.050	61.550**	77.950**
ACE	5	1966.783	129461.650	0.559**	121.200	32.400*	36.200
Error	9	805.605	81096.228	0.032	98.000	9.022	12.00

Cuadro 4.4 (Continuación).

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>LF</b>	<b>DF</b>
Repeticiones	4	0.179	0.002
Tratamientos	9	1.425**	0.150**
ACG	4	2.755**	0.229**
ACE	5	0.360	0.087**
Error	36	0.112	0.009

En Peso Individual de Fruto (PIF), hubo altas diferencias significativas para las cruzas y para sus particiones en términos de aditividad (ACG) y dominancia (ACE), mostrando un papel más alto para ACG, en la explicación de las diferencias entre las cruzas.

En los Días a Inicio de Floración (DIF), se encontraron diferencias significativas en las cruzas y en ACE, pero para ACG mostró altas diferencias significativas, indicando que los efectos de ACG explican en mayor medida estas diferencias.

Para la variable DIC se obtuvieron significativas diferencias en las cruzas y diferencias altamente significativas para ACG, suponiendo un mayor aporte de acción aditiva por parte de los padres *per se*.

En la variable LF se observaron diferencias altas significativamente para el factor cruza y solamente para el componente de ACG, como responsable de estas diferencias.

Para la variable DF se mostraron diferencias altamente significativas en las cruza y en sus partes de ACG y ACE; sin embargo los efectos de ACG de los padres explican en mayor medida las diferencias entre las cruza para DF.

### **Cruzas Inter raciales**

En el cuadro 4.5, se pueden observar los resultados del análisis de varianza estadístico y genético del grupo 4, que se refiere a la cruza de guajillos por jalapeños.

Las variables NTF, PTF, PIF, DIF, DIC y LF mostraron diferencias altamente significativas entre cruza, así como en su partición de machos, hembras y la interacción de machos por hembras. Al observar estas diferencias, se puede deducir que para este grupo racial son de gran interés tanto los efectos de aditividad (machos y hembras), como los efectos de dominancia (interacción de machos con hembras), pero los efectos genéticos aditivos

aportados por los dos grupos de progenitores son más importantes que los efectos dominantes de las cruzas. Los efectos aportados por las hembras (guajillos) resultaron mucho más importantes que los de los machos (jalapeños) para explicar las diferencias entre las cruzas para esta variable.

La variable DF señaló diferencias significativamente altas para las cruzas y para sus partes de hembras y la interacción de machos por hembras. Esto indica que hubo un efecto genético significativo por parte de las hembras, es decir, los machos (jalapeños) no aportaron significativamente efectos para modificar esta variable. Por otro lado, la importancia de los efectos de dominancia al cruzar los guajillos con los jalapeños, señala un papel considerable pero en menor magnitud.

Cuadro 4.5 Cuadrados Medios de las variables Número Total de Frutos (NTF), Peso Total de Frutos (PTF), Peso Individual de Frutos (PIF), Altura de Planta (AP), Días a Inicio de Floración (DIF), Días a Inicio de Cosecha (DIC), Longitud de Fruto (LF), y Diámetro de fruto (DF), de la craza Guajillos por Jalapeños.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>NTF</b>	<b>PTF</b>	<b>PIF</b>	<b>AP</b>	<b>DIF</b>	<b>DIC</b>
Repeticiones	1	58.320	46208.00	0.080	1.4450	2.0000	0.7200
Tratamientos	24	1065.211**	675928.76**	149.046**	55.9220	129.9366**	176.4533**
M	4	1347.170**	529006**	281.263**	60.8075	85.3200**	122.820**
H	4	2735.570**	1583567**	438.503**	47.5075	387.6700**	451.220**
M x H	16	577.1325**	485750**	43.628**	56.8043	76.6575**	121.170**
Error	24	102.445	98828.33	0.537	46.4554	5.5000	3.3033

Cuadro 4.5 (Continuación).

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>LF</b>	<b>DF</b>
Repeticiones	4	0.3618	0.2460*
Tratamientos	24	11.4671**	0.8583**
M	4	17.4938**	0.1646
H	4	15.3613**	3.3458**
M x H	16	8.9869**	0.4099**
Error	96	0.6543	0.0997

Para el caso del grupo 5, que es la cruce de guajillos con serranos, el cuadro 4.6 muestra los resultados del análisis de varianza estadístico y genético para las variables en estudio.

Las variables NTF, PIF, LF y DF obtuvieron diferencias altamente significativas en las cruzas y sus componentes de machos, hembras y su interacción, mostrando de esta forma la importancia de ambos efectos, los aditivos y dominantes para estas variables, de aportación equilibrada en LF y predominantemente aditiva de hembras (guajillos) en NTF, PIF y DF.

Se muestran altas diferencias significativas en las cruzas y sus particiones de hembras y la interacción de machos y hembras, y diferencias significativas en machos para la variable PTF, pero los efectos aditivos de hembras son mucho más importantes que los aditivos de machos y los de dominancia de sus cruzas.

En lo que toca a las variables DIF y DIC, se tuvieron diferencias altamente significativas en las cruzas, en hembras y la interacción de machos por hembras.

Cuadro 4.6 Cuadrados Medios de las variables Número Total de Frutos (NTF), Peso Total de Frutos (PTF), Peso Individual de Frutos (PIF), Altura de Planta (AP), Días a Inicio de Floración (DIF), Días a Inicio de Cosecha (DIC), Longitud de Fruto (LF), y Diámetro de fruto (DF), de Guajillos por Serranos.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>NTF</b>	<b>PTF</b>	<b>PIF</b>	<b>AP</b>	<b>DIF</b>	<b>DIC</b>
Repeticiones	1	9.680	81204.50	1.775	28.8800	0.3200	0.7200
Tratamientos	24	3334.2083**	553592.08**	82.677**	37.6979	122.666**	136.536**
M	4	2336.0500**	218843*	24.831**	14.4375	5.1500	2.5700
H	4	4219.7500**	1860929**	277.359**	84.9125	646.200**	721.520**
M x H	16	3362.3625**	310445**	48.468**	31.7093	21.1625**	23.7825**
Error	24	205.6383	65085.50	0.810	35.0570	6.4866	4.4700

Cuadro 4.6 (Continuación).

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>LF</b>	<b>DF</b>
Repeticiones	4	0.3544	0.0133
Tratamientos	24	3.0076**	0.4477**
M	4	3.5150**	0.1644**
H	4	2.6122**	1.5461**
M x H	16	2.9797**	0.2438**
Error	96	0.3292	0.0304

Para ambas variables, que son los principales parámetros para la identificación de materiales precoces, se aprecia que los efectos de dominancia son importantes, pero la más importante aportación para precocidad fue de las hembras (guajillos). Los machos (serranos) no aportaron efectos importantes.

El grupo 6, está conformado por las cruzas de jalapeños por serranos. El cuadro 4.7 presenta los resultados de sus variables. Para este grupo, absolutamente en todas las variables (NTF, PTF, PIF, DIF, DIC, LF, DF), se obtuvieron diferencias altamente significativas para las cruzas, y sus partes de machos, hembras, y su interacción de machos y hembras. Esto nos señala que de las cruzas inter raciales realizadas en este grupo, cuando menos una cruz



obtuvo una media superior al promedio, y las diferencias entre las cruzas es explicada por la aportación de efectos aditivos de las hembras (jalapeños).

Hay que recordar que para ninguna fuente de variación, en ningún grupo racial, la variable Altura de Planta (AP), mostró diferencias significativas.

Cuadro 4.7 Cuadrados Medios de las variables Número Total de Frutos (NTF), Peso Total de Frutos (PTF), Peso Individual de Frutos (PIF), Altura de Planta (AP), Días a Inicio de Floración (DIF), Días a Inicio de Cosecha (DIC), Longitud de Fruto (LF), y Diámetro de fruto (DF), de Jalapeños por Serranos.

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>NTF</b>	<b>PTF</b>	<b>PIF</b>	<b>AP</b>	<b>DIF</b>	<b>DIC</b>
Repeticiones	1	20.4800	2284.88	1.176	6.8450	3.3800	3.9200
Tratamientos	24	2851.0883**	711257.63**	64.443**	51.4925	48.1883**	60.9966**
M	4	4852.3800**	1546072**	95.743**	69.3425	46.8300**	70.7800**
H	4	3462.7300**	1393642**	97.850**	63.4675	145.5300**	180.2800**
M x H	16	2197.8550**	331958**	48.266**	44.0362	24.1925**	28.7300**
Error	24	219.1883	59588.55	1.193	28.5741	8.0050	7.0866

Cuadro 4.7 (Continuación).

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>LF</b>	<b>DF</b>
Repeticiones	4	0.4385	0.0232
Tratamientos	24	5.2106**	0.3063**
M	4	6.4843**	0.4846**
H	4	10.4473**	0.6374**
M x H	16	3.5830**	0.1790**
Error	96	0.2790	0.0294

### **Análisis de Componentes de Varianza**

El cuadro 4.8 muestra las varianzas en las cruzas intra e inter raciales para la variable NTF.

Las cruzas intra raciales de guajillo muestran una varianza aditiva negativa, la cual tiende a cero, una varianza de dominancia con un alto valor ( $\sigma^2_D=1736$ ), y los errores estándar de la varianza aditiva son aproximadamente un medio de esta. Para este grupo, se aprecia que el recurso a explotar es la formación de híbridos entre guajillos. Pero al comparar el grupo de guajillos con el grupo inter racial de guajillos por jalapeños se observa cómo la varianza aditiva de hembras, que es la correspondiente a guajillos, se incrementa drásticamente ( $\sigma^2_{Ah}=863.37$ ), marcando de esta manera el potencial de genes aditivos que se acumulan en la craza inter racial. Y, aunque la varianza de dominancia es grande ( $\sigma^2_D= 949.37$ ), permanece menor que la del grupo entre guajillos. Esto no quiere decir que no sirvan las cruzas inter raciales para formación de híbridos, sino que, para esta variable, es posible encontrar más variabilidad de genotipos entre los guajillos que con su craza con jalapeños, aunque sigue siendo un recurso alternativo para la obtención de genotipos segregantes. El grupo de guajillos, al ser comparado con el grupo inter racial de guajillos por serranos, se percibe un gran aumento de la varianza aditiva de hembras ( $\sigma^2_{Ah}= 342.95$ ), en comparación con el grupo de guajillos, mostrando la utilidad de la craza inter racial con fines de selección de formas segregantes con mejor NTF; y por si fuera poco, la varianza de dominancia se dispara enormemente comparada con la de guajillos ( $\sigma^2_D= 6313.4$ ), expresando la gran utilidad de estas cruzas para la obtención de genotipos superiores mediante hibridación inter-racial, para el carácter NTF.

Cuadro 4.8 Plano indicativo de los Componentes de Varianzas de cada grupo intra e inter- racial, para la variable Número Total de Frutos (NTF).

	♂	GUAJILLO					JALAPEÑO					SERRANO				
♀		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>GUAJILLO</b>	6	$\sigma^2_A = -60.150$					$\sigma^2_{Am} = 308.015$					$\sigma^2_{Am} = -410.525$				
	7	$\sigma^2_D = 1736.077$					$\sigma^2_{Ah} = 863.375$					$\sigma^2_{Ah} = 342.955$				
	8	E.E. $\sigma^2_A = 917.244$					$\sigma^2_D = 949.375$					$\sigma^2_D = 6313.448$				
	9	E.E. $\sigma^2_D = 960.724$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 320.490$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 701.450$				
	10						E.E. $\sigma^2_{Ah} = 636.422$ E.E. $\sigma^2_D = 388.928$					E.E. $\sigma^2_{Ah} = 1072.685$ E.E. $\sigma^2_D = 2244.475$				
<b>JALAPEÑO</b>	11						$\sigma^2_A = 559.916$					$\sigma^2_{Am} = 1061.810$				
	12						$\sigma^2_D = 595.366$					$\sigma^2_{Ah} = 505.950$				
	13						E.E. $\sigma^2_A = 634.131$					$\sigma^2_D = 3957.333$				
	14						E.E. $\sigma^2_D = 366.348$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 1158.292$				
	15											E.E. $\sigma^2_{Ah} = 851.686$ E.E. $\sigma^2_D = 1470.272$				
<b>SERRANO</b>	16											$\sigma^2_A = 496.783$				
	17											$\sigma^2_D = 580.589$				
	18											E.E. $\sigma^2_A = 751.970$				
	19											E.E. $\sigma^2_D = 552.994$				
	20															

Para el caso de las cruza intra raciales de jalapeños, vemos que las varianzas aditivas y de dominancia tienen valores positivos y aproximadamente proporcionales ( $\sigma^2_A = 559.916$  y  $\sigma^2_D = 595.366$ ), aunque los errores estándar de las varianzas son altos. Podemos decir que con estas varianzas, la explotación de genes aditivos y dominantes es de igual importancia para la variable NTF para el grupo intra racial de jalapeños. Al cotejar el grupo de jalapeños con el grupo de cruza inter raciales de guajillos por jalapeños, vemos que la varianza aditiva de machos ( $\sigma^2_{Am} = 308$ ), que es la correspondiente a jalapeños,

disminuye de forma notable, mientras que la varianza de dominancia ( $\sigma^2_D = 949.37$ ) se eleva a casi el doble de la dominancia del grupo intra racial; esto nos hace suponer que el recurso más viable a utilizar con estos materiales es la formación de híbridos inter-raciales G x J en el mejoramiento de esta variable. Y, al comparar los jalapeños con el grupo de jalapeños por serranos, vemos cómo la varianza aditiva de hembras ( $\sigma^2_{Ah} = 505.95$ ) que es la parte aditiva de los jalapeños, al igual que en las comparaciones de grupos intra vs. inter raciales anteriores, disminuye con respecto a la varianza aditiva de los jalapeños en tanto que la varianza de dominancia ( $\sigma^2_D = 3957.33$ ) se eleva significativamente en contraste con el grupo intra racial de jalapeños, indicando que las cruzas inter-raciales J x S son una buena alternativa para mejorar NTF mediante la formación de híbridos inter-raciales.

El grupo de cruzas intra raciales de serranos posee una varianza aditiva de 496.783, y una varianza de dominancia de 580.589. Según este resultado, es ligeramente más recomendable el seguir un programa de hibridación. Pero, ¿qué sucede al comparar este grupo con sus cruzas inter raciales?. Al comparar el grupo de serranos con el grupo de guajillos por serranos se aprecia que la varianza aditiva de machos posee un valor negativo, el cual tiende a cero ( $\sigma^2_{Am} = -410.525$ ), indicando que la expresión de genes aditivos aportados por los machos se reduce hasta cero; Mientras que la varianza de dominancia se incrementa enormemente ( $\sigma^2_D = 6313.44$ ). En el cotejo de serranos con el grupo de jalapeños por serranos observamos que la varianza aditiva de machos se

eleva a más del doble ( $\sigma_{Am}^2 = 1061.81$ ) de la varianza aditiva de serranos, siendo este el único caso donde la varianza aditiva de cruzas inter raciales se incrementa con respecto a la varianza aditiva del grupo intra racial, señalando de esta manera la favorable aglomeración de genes aditivos que resultan de la cruce inter-racial J x S para la variable NTF. Referente a las varianzas de dominancia podemos ver que, como era de esperarse, la varianza de dominancia del grupo inter racial es mayor ( $\sigma_D^2 = 3957.33$ ) que la varianza dominante de los grupos de jalapeños y serranos. De lo anterior, es claro que aunque la  $\sigma_A^2$  se incrementa en las cruces inter-raciales, el mayor incremento de  $\sigma_D^2$  señala que ambos tipos de cruces inter-raciales ofrecen oportunidades para mejorar NTF mediante la formación de variedades híbridas inter-raciales.

Para la variable PTF, que corresponde al rendimiento, el cuadro 4.9 muestra las varianzas de los grupos raciales.

El grupo de guajillos posee varianzas aditivas y de dominancia de – 295828.33 y 489823.55, respectivamente. Estos resultados señalan la importancia de los efectos dominantes. Contrario al grupo de guajillos, el grupo de guajillos por jalapeños tiene una varianza aditiva de hembras de 439126.630, y una varianza de dominancia de 773843.44. Esto nos muestra el enorme potencial que se puede obtener en las cruces inter raciales para esta variable ya que como se observa, se incrementan ambas varianzas considerablemente y se puede aprovechar esta cualidad de la cruce G x J con

planes de selección e hibridación. Y por otro lado, al comparar el grupo de guajillos con el grupo de guajillos por serranos, notamos que la varianza aditiva de hembras ( $\sigma^2_{Ah} = 620193.74$ ) es muy superior a la de los guajillos *per se*; mientras que la varianza de dominancia ( $\sigma^2_d = 490719$ ) es casi igual a la varianza de guajillos *per se*. Se observa claramente el aumento significativo de ambas varianzas en los grupos inter raciales, haciendo énfasis en los beneficios que brindan las cruzas inter-raciales y para el caso de guajillos, mejorar su potencial de rendimiento sin que éste tipo de chiles pierda su característica.

El grupo de jalapeños tiene varianzas aditivas y de dominancia de 5516.25 y 336791.94, respectivamente, en la variable PTF, mientras que el grupo inter racial de guajillos por jalapeños tuvo una varianza aditiva de machos de 17302.27 y una varianza de dominancia de 773843.44, lo que indica que ambas varianzas se elevaron en gran cantidad; en el grupo inter racial de jalapeños por serranos también se observa que, al igual que en el grupo de guajillos por jalapeños, las varianzas aditivas y de dominancia se incrementaron considerablemente con valores de 424673.55 y 544738.99, respectivamente. Esto señala que las cruzas entre razas de Chile resaltan los máximos potenciales de cada grupo racial y que ofrecen la posibilidad de seguir los caminos, tanto de la hibridación y selección (pedigrí), como de la hibridación convencional, al menos, para la variable PTF.

Cuadro 4.9 Plano indicativo de los Componentes de Varianzas de cada grupo intra e inter- racial, para la variable Peso Total de Frutos (PTF).

	♂	GUAJILLO					JALAPEÑO					SERRANO				
♀		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>GUAJILLO</b>	6	$\sigma^2_A = -295828.33$					$\sigma^2_{Am} = 17302.270$					$\sigma^2_{Am} = -36640.740$				
	7	$\sigma^2_D = 489823.55$					$\sigma^2_{Ah} = 439126.630$					$\sigma^2_{Ah} = 620193.740$				
	8	E.E. $\sigma^2_A = 186371.64$					$\sigma^2_D = 773843.443$					$\sigma^2_D = 490719.00$				
	9	E.E. $\sigma^2_D = 276583.28$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 138274.721$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 65326.948$				
	10						E.E. $\sigma^2_{Ah} = 371399.824$					E.E. $\sigma^2_{Ah} = 431751.991$				
							E.E. $\sigma^2_D = 328440.701$					E.E. $\sigma^2_D = 210088.656$				
<b>JALAPEÑO</b>	11						$\sigma^2_A = 5516.250$					$\sigma^2_{Am} = 485645.455$				
	12						$\sigma^2_D = 336791.944$					$\sigma^2_{Ah} = 424673.555$				
	13						E.E. $\sigma^2_A = 203909.289$					$\sigma^2_D = 544738.991$				
	14						E.E. $\sigma^2_D = 206395.624$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 359782.874$				
	15											E.E. $\sigma^2_{Ah} = 324876.992$				
												E.E. $\sigma^2_D = 223760.173$				
<b>SERRANO</b>	16											$\sigma^2_A = 218678.600$				
	17											$\sigma^2_D = 24182.711$				
	18											E.E. $\sigma^2_A = 152918.791$				
	19											E.E. $\sigma^2_D = 38679.476$				
	20															

En lo que toca al grupo de los serranos, estos tuvieron varianzas aditivas y de dominancia con valores de 218678.60 y 24182.71, respectivamente. Pero al cotejar con el grupo de guajillos por serranos se observa algo muy peculiar que también sucedió en la variable anterior, esto es, la varianza aditiva de machos resulta negativa y por ende, es cero ( $\sigma^2_{Am} = -36640.74$ ), pero la varianza de dominancia es mayor en este grupo con un valor de 490719, que vuelve a marcar el buen potencial de la cruce inter racial para la explotación de genes dominantes mediante la formación de variedades híbridas inter-raciales. Y para

terminar con esta variable, al analizar el grupo de los jalapeños por serranos notamos que tanto la varianza aditiva como la dominante ( $\sigma^2_{Am} = 485645.45$  y  $\sigma^2_D = 544738.99$ ), aumentaron notablemente. Y aunque son similares en magnitud ambas varianzas, muestran sus virtudes para mejorar PTF por hibridación o por selección para acumular alelos favorables.

Para discutir la variable PIF el cuadro 4.10 indica la varianzas resultantes de cada grupo racial.

El grupo de guajillos tuvo una varianza aditiva de 116.45 y una varianza de dominancia de 16.97 y que al cotejarse con el grupo de guajillos por jalapeños ( $\sigma^2_{Ah} = 157.95$  y  $\sigma^2_D = 86.18$ ), se observa que se incrementaron sus varianzas, resultando esto en un aumento positivo de la variabilidad; sin embargo, no fue así para el grupo de guajillos por serranos ( $\sigma^2_{Ah} = 91.55$  y  $\sigma^2_D = 95.31$ ), donde la varianza aditiva se redujo un poco pero la varianza de dominancia se siguió elevando. Cabe señalar que, aunque los valores de las varianzas bajen un poco, estos valores son muy altos y por lo tanto muy satisfactorios, para en un momento dado, decidir hacia donde dirigir un programa de mejoramiento.

Ahora, analizando el grupo de los jalapeños, se observa que sus varianzas ( $\sigma^2_A = 40$  y  $\sigma^2_D = 8.74$ ) mejoraron en sus cruzas de guajillos por jalapeños ( $\sigma^2_{Am} = 95$  y  $\sigma^2_D = 86.18$ ); y aunque en su cruce de jalapeños por



serranos la varianza aditiva no incrementó como se esperaba ( $\sigma^2_{Ah} = 19.83$ ), la varianza de dominancia sí lo hizo, hasta un valor de 94.14.

Cuadro 4.10 Plano indicativo de los Componentes de Varianzas de cada grupo intra e inter- racial, para la variable Peso Individual de Frutos (PIF).

	♂	GUAJILLO					JALAPEÑO					SERRANO				
♀		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
GUAJILLO	6	$\sigma^2_A = 116.452$					$\sigma^2_{Am} = 95.054$					$\sigma^2_{Am} = -9.454$				
	7	$\sigma^2_D = 16.978$					$\sigma^2_{Ah} = 157.950$					$\sigma^2_{Ah} = 91.556$				
	8	E.E. $\sigma^2_A = 74.112$					$\sigma^2_D = 86.181$					$\sigma^2_D = 95.314$				
	9	E.E. $\sigma^2_D = 9.199$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 65.215$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 8.639$				
	10						E.E. $\sigma^2_{Ah} = 101.435$ E.E. $\sigma^2_D = 29.087$					E.E. $\sigma^2_{Ah} = 64.378$ E.E. $\sigma^2_D = 32.315$				
JALAPEÑO	11						$\sigma^2_A = 40.041$					$\sigma^2_{Am} = 18.990$				
	12						$\sigma^2_D = 8.740$					$\sigma^2_{Ah} = 19.833$				
	13						E.E. $\sigma^2_A = 26.733$					$\sigma^2_D = 94.146$				
	14						E.E. $\sigma^2_D = 4.758$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 23.028$				
	15											E.E. $\sigma^2_{Ah} = 23.496$ E.E. $\sigma^2_D = 32.184$				
SERRANO	16											$\sigma^2_A = 3.315$				
	17											$\sigma^2_D = 0.263$				
	18											E.E. $\sigma^2_A = 2.024$				
	19											E.E. $\sigma^2_D = 0.149$				
	20															

En el grupo de serranos tenemos valores de 3.31 y 0.263 para las varianzas de aditividad y de dominancia, respectivamente. Y como en las variables anteriores, el componente de aditividad para el grupo de guajillos por serranos no fue nada favorable ( $\sigma^2_{Am} = -9.45$ ), mientras que el de dominancia sí

lo fue ( $\sigma^2_D = 95.31$ ), y caso contrario al grupo de jalapeños por serranos donde el componente de aditividad como el de dominancia resultaron muy promisorios, con valores de 19 y 94.14, respectivamente.

Ahora discutiremos los resultados del cuadro 4.11, que son los referentes a la variable DIF.

El tipo guajillo, para esta variable, obtuvo ganancias al cruzarse con los otros tipos de chiles ya que si comparamos sus componentes genéticos ( $\sigma^2_A = 44.36$  y  $\sigma^2_D = 25.46$ ), con los del grupo de guajillos por jalapeños ( $\sigma^2_{Ah} = 124.40$  y  $\sigma^2_D = 142.31$ ), y con el grupo de guajillos por serranos ( $\sigma^2_{Ah} = 250$  y  $\sigma^2_D = 29.35$ ), se observa el aumento de las varianzas en los grupos inter raciales, con lo que podemos sugerir que se abre el abanico en el sentido de la variabilidad genética para esta variable.

Al igual que en los guajillos, el tipo jalapeño tuvo comportamientos parecidos ya que de unas varianzas de 0.50 de aditividad y 17.37 de dominancia, aumentaron considerablemente como se puede ver en los componentes del grupo guajillos por jalapeños con una varianza aditiva de 3.46 y una de dominancia de 142.31, de manera similar se comportó el grupo de jalapeños por serranos con varianza aditiva de 48.53 y varianza de dominancia de 32.37. De este modo queda claro que para la variable DIF y para jalapeños

resulta factible el emplear las cruzas inter raciales como una posible estrategia de mejoramiento.

En serranos se tuvo una varianza aditiva de 9.72 y una varianza de dominancia de 11.69 que, al cotejar este grupo con el de guajillos por serranos ( $\sigma^2_{Am} = -6.405$  y  $\sigma^2_D = 29.35$ ), y con el de jalapeños por serranos ( $\sigma^2_{Am} = 9.05$  y  $\sigma^2_D = 32.37$ ), se aprecia cómo la varianza aditiva no muestra ganancias en las cruzas inter raciales, mas no así para las varianzas de dominancia las cuales sí mostraron incrementos en las cruzas con las razas guajillo, y con jalapeño.

Cuadro 4.11 Plano indicativo de los Componentes de Varianzas de cada grupo intra e inter- racial, para la variable Días a Inicio de Floración (DIF).

	♂	GUAJILLO					JALAPEÑO					SERRANO				
♀		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
GUAJILLO	6	$\sigma^2_A = 44.366$					$\sigma^2_{Am} = 3.465$					$\sigma^2_{Am} = -6.405$				
	7	$\sigma^2_D = 25.466$					$\sigma^2_{Ah} = 124.405$					$\sigma^2_{Ah} = 250.015$				
	8	E.E. $\sigma^2_A = 36.880$					$\sigma^2_D = 142.315$					$\sigma^2_D = 29.351$				
	9	E.E. $\sigma^2_D = 13.985$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 22.197$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 3.062$				
	10						E.E. $\sigma^2_{Ah} = 90.110$ E.E. $\sigma^2_D = 51.196$					E.E. $\sigma^2_{Ah} = 149.260$ E.E. $\sigma^2_D = 14.559$				
JALAPEÑO	11						$\sigma^2_A = 0.500$					$\sigma^2_{Am} = 9.055$				
	12						$\sigma^2_D = 17.377$					$\sigma^2_{Ah} = 48.535$				
	13						E.E. $\sigma^2_A = 10.909$					$\sigma^2_D = 32.375$				
	14						E.E. $\sigma^2_D = 10.975$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 11.285$				
	15											E.E. $\sigma^2_{Ah} = 33.763$ E.E. $\sigma^2_D = 16.728$				
SERRANO	16											$\sigma^2_A = 9.717$				
	17											$\sigma^2_D = 11.689$				
	18											E.E. $\sigma^2_A = 13.177$				
	19											E.E. $\sigma^2_D = 8.870$				
	20															

Siguiendo con la discusión ahora para la variable DIC (Cuadro 4.12), en el caso del grupo de guajillo que tiene varianzas aditivas y de dominancia de 69.42 y 31.19, respectivamente, se muestra que ambas varianzas aumentan sus valores al cruzar los guajillos con jalapeños ( $\sigma^2_{Ah} = 132$ ,  $\sigma^2_D = 235.73$ ), al igual que con serranos ( $\sigma^2_{Ah} = 279.09$ ,  $\sigma^2_D = 38.62$ ), denotando así el incremento de la variabilidad en las cruzas raciales.

El grupo de los jalapeños tuvo un comportamiento un poco diferente, pues tuvo una varianza aditiva de 10.33 y una varianza de dominancia de 11.0 que, al compararse con el grupo de guajillos por jalapeños que tiene una varianza aditiva de 0.66 y una varianza de dominancia de 235.73, se nota la disminución de la acumulación de genes favorables en la craza racial pero también el incremento en la expresión de la dominancia. Pero al cotejarse los jalapeños con el grupo de jalapeños por serranos con aditividad de 60.62 y dominancia de 43.28, queda claro que en la craza de jalapeños por serranos ambas varianzas responden favorablemente.

Como se muestra en el cuadro 4.12, el valor de la varianza aditiva de serranos ( $\sigma^2_A = 13.92$ ), fue en promedio igual que la del grupo de jalapeños por serranos ( $\sigma^2_{Am} = 16.82$ ), pero negativa en el grupo de guajillos por serranos ( $\sigma^2_{Am} = -8.48$ ), lo que indica una mejor combinación de los serranos con los jalapeños para el caso de un programa de mejoramiento dirigido hacia esta característica. Y en lo que respecta a las varianzas de dominancia de los

serranos, jalapeños por serranos y guajillos por serranos (12.10, 43.28 y 38.62 respectivamente), no cabe duda al señalar la importancia y ganancia de genes dominantes en las cruzas inter raciales.

Cuadro 4.12 Plano indicativo de los Componentes de Varianzas de cada grupo intra e inter- racial, para la variable Días a Inicio de Cosecha (DIC).

	♂	GUAJILLO					JALAPEÑO					SERRANO				
♀		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>GUAJILLO</b>	6	$\sigma^2_A = 69.416$					$\sigma^2_{Am} = 0.660$					$\sigma^2_{Am} = -8.485$				
	7	$\sigma^2_D = 31.188$					$\sigma^2_{Ah} = 132.020$					$\sigma^2_{Ah} = 279.095$				
	8	E.E. $\sigma^2_A = 53.651$					$\sigma^2_D = 235.733$					$\sigma^2_D = 38.625$				
	9	E.E. $\sigma^2_D = 17.144$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 32.642$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 3.226$				
	10						E.E. $\sigma^2_{Ah} = 105.449$ E.E. $\sigma^2_D = 80.800$					E.E. $\sigma^2_{Ah} = 166.658$ E.E. $\sigma^2_D = 16.047$				
<b>JALAPEÑO</b>	11						$\sigma^2_A = 10.333$					$\sigma^2_{Am} = 16.820$				
	12						$\sigma^2_D = 11.044$					$\sigma^2_{Ah} = 60.620$				
	13						E.E. $\sigma^2_A = 12.596$					$\sigma^2_D = 43.286$				
	14						E.E. $\sigma^2_D = 7.824$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 16.788$				
	15											E.E. $\sigma^2_{Ah} = 41.809$ E.E. $\sigma^2_D = 19.552$				
<b>SERRANO</b>	16											$\sigma^2_A = 13.917$				
	17											$\sigma^2_D = 12.100$				
	18											E.E. $\sigma^2_A = 16.329$				
	19											E.E. $\sigma^2_D = 10.007$				
	20															

En el turno de discusión de la variable LF el cuadro 4.13 indica las varianzas de los grupos.

Comenzando con los guajillos los cuales tuvieron una varianza aditiva negativa de  $-0.26$  (la cual es igual a cero) y una varianza de dominancia de  $5.12$ . Al cotejar estos valores con los de los grupos guajillos por jalapeños ( $\sigma_{Ah}^2 = 1.01$ ,  $\sigma_D^2 = 6.66$ ), y guajillos por serranos ( $\sigma_{Ah}^2 = -0.059$ ,  $\sigma_D^2 = 2.12$ ), resalta que la cruce de guajillos por jalapeños fue la que más variabilidad creó en esta variable.

El siguiente grupo es el de los jalapeños que obtuvieron una varianza aditiva de  $1.82$  y una varianza de dominancia de  $0.230$ . El grupo de guajillos por jalapeños tuvo varianzas de  $1.36$  y  $6.66$  para aditividad y dominancia, y el grupo de jalapeños por serranos tiene resultados de  $1.098$  y  $2.64$  para aditividad y dominancia, respectivamente. Para este tipo racial, la cruce de guajillos por jalapeños resultó ser la que originó más variabilidad.

Para los serranos que tuvieron varianzas aditivas y de dominancia de  $0.798$  y  $0.124$ , al compararlos con el grupo de jalapeños por serranos ( $\sigma_{Am}^2 = 0.464$ ,  $\sigma_D^2 = 2.64$ ), y guajillos por serranos ( $\sigma_{Am}^2 = 0.085$ ,  $\sigma_D^2 = 2.12$ ), se deduce que, para esta variable y referente a la raza serranos no hubo amplitud de genotipos a través de la aditividad en las cruces inter raciales, marcando que la acción de genes dominantes es la de mayor influencia en esta variable.

Por último se discutirá la variable DF, que en el cuadro 4.14 están los resultados de las varianzas.

A diferencia de los cuadros anteriores, este último cuadro muestra varianzas muy bajas. Para el caso de guajillos, como para todas las razas y las cruzas en esta variable, sus varianzas fueron muy bajas ( $\sigma^2_A = 0.142$ ,  $\sigma^2_D = 0.259$ ), y al compararlos con sus cruzas con jalapeños ( $\sigma^2_{Ah} = 0.469$ ,  $\sigma^2_D = 0.248$ ), y con serranos ( $\sigma^2_{Ah} = 0.208$ ,  $\sigma^2_D = 0.170$ ), notamos que las varianzas aditivas se elevaron en las cruzas interraciales, mas no así las varianzas de dominancia las cuales se mostraron menores en las cruzas, indicando esto que en guajillos esta variable está supeditada por genes aditivos.

Cuadro 4.13 Plano indicativo de los Componentes de Varianzas de cada grupo intra e inter- racial, para la variable Longitud de Fruto (LF).

	♂	GUAJILLO					JALAPEÑO					SERRANO				
♀		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
GUAJILLO	6	$\sigma^2_A = -0.259$					$\sigma^2_{Am} = 1.361$					$\sigma^2_{Am} = 0.085$				
	7	$\sigma^2_D = 5.121$					$\sigma^2_{Ah} = 1.019$					$\sigma^2_{Ah} = -0.059$				
	8	E.E. $\sigma^2_A = 2.901$					$\sigma^2_D = 6.666$					$\sigma^2_D = 2.120$				
	9	E.E. $\sigma^2_D = 3.070$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 1.685$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 0.361$				
	10						E.E. $\sigma^2_{Ah} = 1.498$ E.E. $\sigma^2_D = 2.398$					E.E. $\sigma^2_{Ah} = 0.289$ E.E. $\sigma^2_D = 0.795$				
JALAPEÑO	11						$\sigma^2_A = 1.821$					$\sigma^2_{Am} = 0.464$				
	12						$\sigma^2_D = 0.230$					$\sigma^2_{Ah} = 1.098$				
	13						E.E. $\sigma^2_A = 1.203$					$\sigma^2_D = 2.643$				
	14						E.E. $\sigma^2_D = 0.203$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 0.628$				
	15											E.E. $\sigma^2_{Ah} = 0.984$ E.E. $\sigma^2_D = 0.956$				
SERRANO	16											$\sigma^2_A = 0.798$				
	17											$\sigma^2_D = 0.124$				
	18											E.E. $\sigma^2_A = 0.534$				
	19											E.E. $\sigma^2_D = 0.097$				
	20															

Ya con los jalapeños cuyas varianzas de aditividad y de dominancia son de 0.031 y 0.020, respectivamente, y que al compararse con sus cruzas con guajillos ( $\sigma^2_{Am} = -0.039$ ,  $\sigma^2_D = 0.248$ ), observamos que para cuestiones de carácter aditivo esta craza no fue sobresaliente, mientras que para dominancia sí hubo un aumento de la varianza. Y al cotejarse con las cruzas de jalapeños por serranos ( $\sigma^2_{Ah} = 0.073$ ,  $\sigma^2_D = 0.119$ ), se aprecia una leve mejoría en las varianzas, resultando con esto que para mejorar este carácter en jalapeños, los efectos de dominancia serían los más factibles.

Cuadro 4.14 Plano indicativo de los Componentes de Varianzas de cada grupo intra e inter- racial, para la variable Diámetro de Fruto (DF).

	♂	<b>GUAJILLO</b>					<b>JALAPEÑO</b>					<b>SERRANO</b>				
♀		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>GUAJILLO</b>	6	$\sigma^2_A = 0.142$					$\sigma^2_{Am} = -0.039$					$\sigma^2_{Am} = -0.012$				
	7	$\sigma^2_D = 0.259$					$\sigma^2_{Ah} = 0.469$					$\sigma^2_{Ah} = 0.208$				
	8	E.E. $\sigma^2_A = 0.226$					$\sigma^2_D = 0.248$					$\sigma^2_D = 0.170$				
	9	E.E. $\sigma^2_D = 0.162$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 0.026$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 0.020$				
	10						E.E. $\sigma^2_{Ah} = 0.309$ E.E. $\sigma^2_D = 0.109$					E.E. $\sigma^2_{Ah} = 0.143$ E.E. $\sigma^2_D = 0.065$				
<b>JALAPEÑO</b>	11						$\sigma^2_A = 0.031$					$\sigma^2_{Am} = 0.049$				
	12						$\sigma^2_D = 0.020$					$\sigma^2_{Ah} = 0.073$				
	13						E.E. $\sigma^2_A = 0.041$					$\sigma^2_D = 0.119$				
	14						E.E. $\sigma^2_D = 0.027$					E.E. $\sigma^2_{Am} = 0.046$				
	15											E.E. $\sigma^2_{Ah} = 0.059$ E.E. $\sigma^2_D = 0.048$				
<b>SERRANO</b>	16						$\sigma^2_A = 0.047$									
	17						$\sigma^2_D = 0.038$									
	18						E.E. $\sigma^2_A = 0.046$									
	19						E.E. $\sigma^2_D = 0.023$									
	20															



Finalmente los chiles tipo serrano tuvieron una varianza aditiva de 0.047 y una varianza de dominancia de 0.038, que al ser comparados con sus cruzas con guajillos ( $\sigma_{Am}^2 = -0.012$ ,  $\sigma_D^2 = 0.170$ ), y con jalapeños ( $\sigma_{Am}^2 = 0.049$ ,  $\sigma_D^2 = 0.119$ ), es notable que los efectos de dominancia son de mayor importancia para mejorar la característica de diámetro de fruto en serranos.

## V. CONCLUSIONES

Las cruzas intrarraciales presentaron los mejores comportamientos en la media de NTF, PTF, LF y DF, y las varianzas fenotípicas más grandes en PTF, PIF, y LF. Así también como buena varianza aditiva en LF y varianza de dominancia en DF.

Las cruzas interraciales obtuvieron los mejores promedios en PIF, DIF, y DIC, y las mejores varianzas fenotípicas de NTF, DIF, DIC, Y DF. En lo que se refirió a los componentes de varianza genética, las cruzas interraciales expresaron los mejores valores en prácticamente todas las variables, a excepción de la varianza aditiva en LF y la varianza de dominancia de DF.

En la mayoría de las variables evaluadas, los tipos raciales estudiados forman grupos heteróticos naturales entre ellos.

De acuerdo con los resultados de este trabajo, discutidos en particular y de manera general, se puede concluir que las cruzas inter raciales realmente ofrecen una estrategia alternativa para el mejoramiento de la especie *Capsicum annuum* L., principalmente para las razas de chiles con las que se trabajó en esta investigación; ya que, como se observó en los resultados, tanto las

varianzas fenotípicas como las varianzas genotípicas expresan un mayor potencial en las cruzas entre razas de Chile y en vagas excepciones éstas varianzas resultan bajas en comparación con las cruzas dentro de razas. Esta estrategia alternativa da la oportunidad de que, en un programa de mejoramiento de Chile, se pueda decidir por la formación de genotipos híbridos, o mediante selección dirigida introducir o mejorar una o más características a alguna de las razas.

## VI RESUMEN

El mejoramiento en *C. annuum* generalmente es mediante cruzamiento dentro de tipos raciales, aunque es conocido que eventualmente se practica cruzamientos inter-raciales para mejorar caracteres del fruto; sin embargo, no existe información científica sobre sus ventajas y riesgos como estrategia de mejoramiento, por lo que se planteó analizar y discutir una evaluación de cruza intra e inter-raciales, con el objetivo de establecer si las cruza inter-raciales representan mejor estrategia de mejoramiento que las intra-raciales o, por el contrario, ofrecen pocas oportunidades de mejoramiento y conducen a promiscuidad genética y riesgo de pérdida de la identidad de los tipos raciales involucrados.

Con cinco líneas representativas de los tipos Guajillo (G), Jalapeño (J) y Serrano (S) se obtuvieron cruza dentro y entre tipos raciales. Las diez progenies de cada cruzamiento intra-raciales GxG, JxJ y SxS; las 25 de los cruzamientos inter-raciales GxJ, GxS y JxS, así como los 15 progenitores se evaluaron en campo bajo riego en diseño experimental BCA con 120 tratamientos y dos repeticiones y se obtuvieron datos de inicio de floración (DIF) y cosecha (DIC); altura de planta (AP), número (NTF), rendimiento (PTF), longitud (LF), diámetro (DF) y peso (PIF) de fruto.

En los resultados, los grupos de progenitores mostraron diferencias en la expresión de cinco caracteres: G tuvo mejor LF; J mejor PTF, PIF y DF; S mejor NTF; en cambio, para AP, DIF y DIC fueron similares y las cruzas intra o inter-raciales no afectaron sustancialmente su expresión. Las cruzas inter-raciales GxJ mejoraron PTF de G y J; LF y NTF de J, pero fueron mejores las JxS y JxJ para LF; mejoraron también DF y PIF de G. Las GxS mejoraron NTF de G; LF y PIF de S, pero las JxS fueron igualmente efectivas para mejorar PIF. Las JxS mejoraron NTF de J; PIF, LF y DF de S, aunque las GxS resultaron mejor para LF e igualmente efectivas para PIF. Las cruzas inter-raciales mejoraron también  $\sigma^2_A$  y  $\sigma^2_D$  de la mayoría de variables, excepto GxJ y GxS para  $\sigma^2_A$  y  $\sigma^2_D$  de AP y GxJ para  $\sigma^2_A$  de LF.

En conclusión, las cruzas inter-raciales no representan riesgo de promiscuidad genética sino, por el contrario, al ampliar la expresión fenotípica y los componentes de la varianza genética de los caracteres considerados, ofrecen mejor estrategia de mejoramiento que las intra-raciales si se aprovecha eficientemente su mayor  $\sigma^2_A$  para preservar mediante selección dirigida NTF, PIF, LF y DF en los límites fenotípicos que distinguen los tipos raciales y en la medida que las demandas del mercado fresco y la industria lo determinen.

## VI. LITERATURA CITADA

- 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](http://www.uni-hohenheim.de/i3ve/00217110/01306041.htm)). Fecha de consulta: 02/12/2001.
- Bosland, P. W. 1996. Capsicums: Innovative uses of an ancient crop. *In*: J. Janick (ed.). Progress in new crops. ASHS Press, Arlington, VA. pp. 479-487.
- 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.
- Comstock, R. E. and H. F. Robinson. 1952. Estimation of average dominance of genes. *In*: J. W. Gowen (ed.). Heterosis. 2<sup>da</sup> Ed. Hafner Publishing Co. Nueva York. pp: 494-516.
- 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 León C., H., E. Ramírez R., G. Martínez Z. and A. Oyervides G. 1997. Evaluation of heterotic patterns to develop maize hybrids for midaltitude regions of México. *In*: Book of Abstracts. The genetics and exploitation of heterosis in crops. An International Symposium. México, D. F. pp: 92-93.
- 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. 1981. Introducción a la genética cuantitativa. Ed. CECOSA. México. 430 p.
- FAO. 2001. FAOSTAT. (<http://apps.fao.org/lim500/nph-wrap.pl?Production.Crops.Primary&Domain=SUA&Lenguaje=español&servlet=1>) Fecha de consulta: 07/01/2004.
- Franceschetti, U. 1971. Natural cross pollination in pepper (*Capsicum annum* L.). Proc. Eucarpia Meeting on genetic and breeding of Capsicum. Turin, Italy. pp: 346-353.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Austr. Jour. Biol. Sci. 9: 463-493.
- 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. 3<sup>th</sup> Ed. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. pp: 463-564.
- Heiser, C. B. 1976. Peppers Capsicum (Solanaceae). In: N. W. Simmonds (ed.). The evolution of crop plants. Longman Press, Londres. pp: 265-268.
- Janick, J. 1998. Hybrids in horticultural 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: 45-56.
- Lupton, F. G. H. 1965. Studies in the breeding of self pollinating cereals. 5. Use of the incomplete diallel in wheat breeding. Euphytica 14: 331-352.
- Márquez S., F. 1985. 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 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.
- 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.
- 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 germplasm. *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.
- SAGAR-SNICS. 1987. Guía Técnica para la Descripción Varietal. Chile (*Capsicum annuum* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural - Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México, D. F. 17 p.
- Salamanca B., J. 1975. Estimación de parámetros genéticos, heterosis y depresión por endogamia mediante cruza dialélicas F<sub>1</sub> y generaciones avanzadas para diez caracteres de trigo (*T. aestivum* L.). Tesis de maestría en ciencias, Colegio de Posgraduados. Chapingo, México, México.
- 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.
- Schnell, F. W. 1982. A synoptic study of the methods and categories of plant breeding. Z. Pflanzenzüchtg. 89: 1-18.
- 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](http://www.uni-hohenheim.de/i3ve/00217110/02094041.htm)). Fecha de consulta: 02/12/2001.
- Shifriss, C., and I. Rylski. 1973. Comparative performance of F<sub>1</sub> hybrids and open pollinated “Bell” pepper varieties under sub optimal temperature regimens. Euphytica 22: 530-534.
- 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.
- 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: 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.