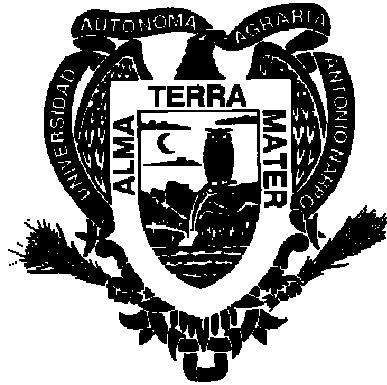


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**PARÁMETROS GENÉTICOS EN CRUZAS DE GIRASOL  
CULTIVADO X SILVESTRE (*Helianthus annuus* L.) CON  
PROPÓSITOS ORNAMENTALES**

**POR:**

**MARÍA EUGENIA BARRERA ORTIZ**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAHUILA MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 2007**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TESIS DEL C. MARÍA EUGENIA BARRERA ORTIZ.**

**ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA  
Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR:**

**ASESOR PRINCIPAL**

**DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA**

**ASESOR**

**Ph. D. ARTURO PALOMO GIL**

**ASESOR**

**M. C. ORALIA ANTUNA GRIJALVA**

**ASESOR**

**ING. FRANCISCO SUÁREZ GARCÍA**

**MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 2007.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TESIS DEL C. MARÍA EUGENIA BARRERA ORTIZ.**

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ PARTICULAR**

**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_  
**DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA**

**VOCAL**

\_\_\_\_\_  
**Ph. D. ARTURO PALOMO GIL**

**VOCAL**

\_\_\_\_\_  
**M. C. ORALIA ANTUNA GRIJALVA**

**VOCAL SUPLENTE**

\_\_\_\_\_  
**ING. FRANCISCO SUÁREZ GARCÍA**

\_\_\_\_\_  
**MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 2007**

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Por haberme ayudado y permitirme lograr esta meta, a el sea la honra y la gloria por siempre y para siempre.

### **A MI MAMÁ Y MI ABUELITA**

La memoria de Zenaida Barrera Ortiz<sup>+</sup> e Inés Ortiz Bonilla<sup>+</sup>, que aunque no estuvieron conmigo físicamente yo se que siempre cuidaron de mi y me dieron la fuerza suficiente para salir adelante.

### **A MIS TÍOS**

Teodomira, Socorro, Telésforo y Celia por sus consejos y apoyo que me han dado hasta el día de hoy, a ellos por que gracias a su cariño y comprensión hoy estoy cumpliendo una de mis metas.

### **A MIS PRIMOS**

Adriana, Teresa, José Carmen, Jonathan y Oscar Eduardo. Por haber compartido muchos años de nuestras vidas, por ese amor fraternal que me han dado hasta el día de hoy.

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente le doy gracias a **Dios Nuestro Señor** por permitirme terminar y presentar este trabajo de investigación.

A mi “Alma Terra Mater”, por haberme dado la oportunidad de realizar los estudios de Licenciatura.

Dr. Armando Espinoza Banda, por el apoyo y ayuda que me brindo para realizar el presente trabajo de Investigación por sus sugerencias y por el tiempo que dedicó para revisar el trabajo.

Al comité de evaluación por sus valiosas apreciaciones hechas a la presente investigación.

A mis amigos de la generación: Edgar Jesús Terrazas Rivas<sup>+</sup>, José Luis Coyac Rodríguez, Ramón Cabrera Sánchez, Arianna Lascares Gallardo, René Herrera González por su apoyo y ayuda que fue muy importante.

## Tabla de Contenido

Tabla de Contenido .....	i
Índice de Cuadros.....	iii
Índice de Figuras .....	iv
ABSTRACT .....	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivo .....	2
1.2. Hipótesis.....	2
1.3. Metas.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Girasol como Ornamental.....	4
2.2. Flor de Corte .....	5
2.3. Plantas en Maceta .....	6
2.4. Métodos de Mejoramiento .....	6
2.4.1. Endocría.....	7
2.4.2. Selección Recurrente .....	7
2.4.3. Hibridación .....	8
2.5. Diseños Genéticos .....	9
2.5.1. Diseños de Carolina del Norte .....	10
2.5.1.1. Diseño Carolina del Norte I.....	10
2.5.1.2. Diseño Carolina del Norte II.....	11
2.5.1.3. Diseño Carolina del Norte III.....	11
2.6. Aptitud Combinatoria .....	11
2.6.1. Aptitud Combinatoria General .....	12
2.6.2. Aptitud Combinatoria Específica .....	13
2.7. Parámetros Genéticos o Acción Génica .....	14
2.8. Heredabilidad .....	14
2.9. Heterosis .....	16
2.10. Grupos Heteróticos .....	21
2.11. Interacción Genotipo – Ambiente.....	22
2.12. Genética del Girasol.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Localización del Experimento .....	28
3.2. Localización Geográfica .....	28
3.3. Material Genético.....	28

3.4.	Incremento y Formación de Líneas .....	29
3.5.	Formación de Híbridos $F_1$ .....	29
3.6.	Evaluación de Híbridos $F_1$ .....	30
3.7.	Diseño Experimental .....	31
3.8.	Manejo Agronómico .....	31
3.9.	Toma de Datos .....	31
3.10.	Variables Registradas .....	32
3.10.1.	Variables Cuantitativas .....	32
3.10.2.	Variables Cualitativas .....	33
3.11.	Análisis Estadísticos .....	34
IV.	RESULTADOS .....	38
4.1.	Cuadrados Medios del Análisis de Varianza .....	38
4.2.	Componentes de Varianza y Parámetros Genéticos .....	40
4.3.	Aptitud Combinatoria General (ACG) .....	41
4.4.	Aptitud Combinatoria Específica (ACE) .....	45
4.5.	Heterosis .....	47
4.6.	Correlaciones .....	49
4.7.	Medias de las Variables .....	50
4.8.	Escala de Calificación de Color .....	53
V.	CONCLUSIONES .....	60
VI.	RECOMENDACIONES .....	62
VII.	LITERATURA .....	63
VIII.	APÉNDICE .....	71

## Índice de Cuadros

Cuadro 3.1. Material Genético Derivado del Programa de Mejoramiento. Torreón, Coah. 2007 .....	29
Cuadro 3.2. Análisis de varianza. Diseño II de Carolina del Norte .....	35
Cuadro 4.1 Significancia de Cuadrados Medios bajo el Diseño II de Carolina del Norte .....	39
Cuadro 4.2. Componentes de varianza y parámetros genéticos de las variables evaluadas. ....	41
Cuadro 4.3 Efectos de Aptitud Combinatoria General para Machos y Hembras de girasol para ocho variables evaluadas.....	44
Cuadro 4.4 Efectos de aptitud combinatoria especifica para Cruzas de girasol para las ocho variables evaluadas.....	46
Cuadro 4.5 Porcentajes de heterosis (h) y heterobeltiosis (h') para ocho variables evaluadas. ....	48
Cuadro 4.6 Correlación fenotípica de ocho variables de girasol ornamental.....	50
Cuadro 4.7 . Medias calculadas para ocho variables en 25 cruzas de girasol ornamenta.....	52
Cuadro 8.1. Genotipos de girasol ornamental y su genealogía. Torreón, Coahuila. 2007 .....	71
Cuadro 8.2. Relación de colores encontrados en los progenitores y en la F <sub>1</sub> .....	73



## Índice de Figuras

Figura 4.1. Curvas de distribución de frecuencias de progenitores y $F_1$ .....	54
Figura 4.2. Comparación de colores de progenitores y sus respectivas $F_1$ . Progenitor 2 y sus híbridos. ....	55
Figura 4.3. Comparación de colores de progenitores y sus respectivas $F_1$ . Progenitor 7 y sus híbridos. ....	56
Figura 4.4. Comparación de colores de progenitores y sus respectivas $F_1$ . Progenitor 39 y sus híbridos. ....	57
Figura 4.5. Comparación de colores de progenitores y sus respectivas $F_1$ . Progenitor 48 y sus híbridos. ....	58
Figura 4.6. Comparación de colores de progenitores y sus respectivas $F_1$ . Progenitor 60 y sus híbridos. ....	59
Figura 7.1. Catálogo de colores en lígulas de girasol ornamental. ....	72

## **ABSTRACT**

To know and quantify gene action and to select the best plant breeding method, and to contrast the colors of sunflower parents and their offspring, crosses were made among wild and cultivated genotype, to select the best genotype with ornamental purpose. The work was carried out in 2007 spring season, at the experimental station of the UAAAN-UL. Five wild and five cultivated sunflower genotypes were crossed using the North Caroline design II. The 25 crosses obtained were evaluated in a complete blocks experimental design. Male and female General and Specific Combining Ability and genetic components were estimated. Variables measured were: DAB, DEM, DIFF, DFF, LP, NH, DIC, DTC and Flower (head) color. Additive gene action was the most important in all variables. Recurrent selection appears as the best plant breeding method. The heterosis value was under 20%. To fix ornamental characteristics the best cultivated lines were 39, 48 and 60. The architecture and flower color of the 7xII and 60xIV crosses were the best for ornamental purposes. Predominant color corresponded to head with ligulated yellow flowers with a purple color in the first third part of the petal.

## RESUMEN

Con el objeto de estimar y cuantificar la acción génica, determinar el método de mejoramiento y además contrastar los colores de los progenitores respecto de la  $F_1$ , se realizaron cruzas de girasol cultivado x silvestre con propósitos ornamentales. El trabajo se realizó en el campo experimental de la UAAAN- UL, en primavera del 2007. Se cruzaron cinco líneas normales con cinco silvestres utilizando el Diseño II de Carolina del Norte, generándose 25 cruzas, evaluadas bajo un diseño experimental de bloques al azar. Se estimaron efectos de aptitud combinatoria general y específica para machos y hembras, así como componentes genéticos. Las variables medidas fueron DAB, DEM, DIF, DFF, LP, NH, DIC, DTC y Color de Flor. La acción génica aditiva fue de mayor importancia para todas las variables. La selección recurrente parece ser el mejor método de mejoramiento. La heterosis encontrada fue menor del 20 por ciento. Las líneas normales 39, 48 y 60 son útiles para fijar características ornamentales. Las cruzas 7xII y 60xIV resultan ser mejores desde el punto de vista ornamental por su arquetipo y color de flor. El color mas frecuente correspondió a capítulos con flores liguladas de color combinado amarillo con un tono uniforme de color guindo en un tercio del pétalo.

## I. INTRODUCCIÓN

Es evidente que la elección del método de mejoramiento debe estar basada en el tipo de acción génica de los caracteres cuantitativos. Dada la importancia de entender lo anterior, en 1945 en el estado de Carolina del Norte, se iniciaron investigaciones de genética cuantitativa en maíz tendientes a conocer la naturaleza de la heterosis. Comstock y Robinson (1948), propusieron tres diseños para realizar estudios sobre la acción génica de las características cuantitativas. Actualmente son conocidos como diseño I, II y III de Carolina del Norte. Estos diseños permiten conocer, la forma de apareamiento, la magnitud e importancia de los efectos genéticos involucrados.

El cultivo de girasol es más conocido por ser una planta oleaginosa, sin embargo también se le utiliza como forraje (Robles 1985 y Ortigón 1993), confitería (Reyes 1986) y ornamental (Melgares, 2001). Como ornamental no es nueva, desde que se introdujo en Europa procedente de América, de donde es originaria (Putt 1978).

El girasol como flor de corte, se ha sumado a la lista de los comerciantes de flores, como un cultivo popular y confiable, su vida de florero está determinada por la senescencia de sus hojas más que por la flor, ya que estas tienden a secarse y decolorarse tres a cinco días después de la cosecha (Jones 1993). En los últimos años ha alcanzado amplia difusión como flor de corte en Japón, Europa y Estados Unidos (Armitaje, 1993) y podría ser una buena alternativa en poco tiempo.

Leszczyńska, (1993), afirma que en México se le da más importancia a las especies introducidas, descuidando el potencial de las nativas que deberían tener un impacto más significativo en la enseñanza y la creatividad de los fitomejoradores. Existe escasa información técnica y científica en revistas arbitradas acerca de la naturaleza de la acción génica de las características agromorfológicas del girasol con propósitos ornamentales, motivo del presente estudio.

### **1.1. Objetivo**

Estimar y cuantificar la acción génica presente en cruzas de girasol cultivado x silvestre con propósitos ornamentales, para determinar el método de mejoramiento.

Contrastar los colores de los progenitores respecto de la  $F_1$ .

### **1.2. Hipótesis**

$H_{01}$ : Se puede estimar y cuantificar los efectos genéticos de las cruzas de girasol, y seleccionar el método de mejoramiento.

$H_{a1}$ : No se puede estimar y cuantificar los efectos genéticos de las cruzas de girasol, y seleccionar el método de mejoramiento.

H<sub>02</sub>: El color de los progenitores difiere de la F<sub>1</sub>.

H<sub>a2</sub>: El color de los progenitores no difiere de la F<sub>1</sub>.

### **1.3. Metas**

Estimar y cuantificar los Efectos Genéticos aditivos y no aditivos de los híbridos formados a partir del girasol cultivado x silvestre.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

El girasol es un cultivo importante en el mundo por su alto valor como planta oleaginosa y forrajera. En nuestro país habría que añadir que la semilla de girasol es utilizada para consumo humano. Sus atractivas inflorescencias y hojas hacen que sea una planta con gran interés ornamental. Su uso ornamental puede ser como planta en maceta o para flor de corte (Concilco, 2004).

### 2.1. Girasol como Ornamental

El girasol, es uno de los cultivos más importantes del mundo, de acuerdo con los requerimientos biológicos, este encuentra buenas condiciones de producción desde el nivel del mar hasta 1800 m.s.n.m. (Villarroel, 1989).

Desde el punto de vista del mejoramiento genético, son pocos los esfuerzos que se han volcado a nivel mundial hacia la obtención de cultivares de girasoles ornamentales. En el año 1990, se introdujo desde el Banco de Germoplasma de Iowa, Estados Unidos, una variedad cultivada de *H. annuus*, cuyas plantas tienen varios capítulos, con variabilidad para el color de las flores sexuales y liguladas, de los tallos y de los pecíolos, para ser evaluada en la (Unidad Integrada de Balcarce) UIB. Los estudios genéticos determinaron que esta variedad posee genes que restauran la fertilidad del polen en las plantas androestériles con el citoplasma PET1 pero no tiene genes que restauran la fertilidad del polen de las plantas androestériles con el citoplasma RES1. Este citoplasma que produce

androesterilidad fue identificado en la UIB, a partir de un cruzamiento entre el girasol cultivado y la especie perenne hexaploide *H. resinosus*. Hasta el presente, no se han encontrado en el girasol cultivado los genes restauradores de la fertilidad del polen de las plantas que tienen el citoplasma RES1, por lo cual todos los genotipos que lo poseen no producen polen (Rodríguez *et al.*, 2005).

## **2.2. Flor de Corte**

El cultivo de girasol como flor de corte está experimentando una paulatina expansión en España, debido al aumento de su demanda. Hasta hace pocos años era raro ver el uso de esta especie como flor cortada, si bien se daba la paradoja de estar muy extendidas sus imitaciones artificiales, plástico principalmente (Concilco, 2004).

La finalidad del cultivo de girasol como flor cortada es distinta respecto al oleaginoso, al de consumo directo de la semilla o el forrajero. En los dos primeros se suelen buscar plantas con capítulos grandes, alta producción de semillas por planta, y en el forrajero se busca además un alto peso de la planta (Alba *et al.*, 1990). Por el contrario en el girasol para flor cortada se busca un capítulo no demasiado grande, con diámetros inferiores a unos 8 cm. Sin embargo, su gran crecimiento limita su uso ornamental, al producir, en determinadas épocas del año, longitudes de tallo y diámetros de capítulos excesivos para las necesidades propias de su uso, y dificulta las labores propias del cultivo (Melgares, 2001).



La producción de flor de corte se puede extender por un periodo más largo de siembra escalonada y mediante la selección cuidadosa de los cultivares, así como el cultivo bajo invernadero, mientras que la producción en maceta es posible durante todo el año (Concilco, 2004).

### **2.3. Plantas en Maceta**

En la industria del vivero, la planta en maceta alcanza una longitud excesiva. Esto se puede evitar con retardantes de crecimiento de plantas, ya que estos controlan la elongación vegetativa y así obtener plantas compactas en maceta y reducir el índice de pérdidas y obtener mejores resultados en la comercialización de las plantas (Lozoya *et al.*, 1991).

En Estados Unidos, las plantas de flor en maceta representan el 21% del total de la producción de cultivos ornamentales, es decir que el 16% lo ocupan las plantas de follaje, 13% para flor de corte, 47% es para las Nochebuenas, 32% de Crisantemo, 12% de Violetas africanas, 3% de Azalea, 7% de Kalanchoes, 2% de Lirios y 9% de Orquídeas (Millar, 1998).

### **2.4. Métodos de Mejoramiento**

Los objetivos del mejoramiento en girasol incluyen mejorar el rendimiento de semillas, precocidad, altura reducida de la planta, uniformidad en el tipo de planta y resistencia a plagas y enfermedades e insectos. Obtener altos porcentajes de aceite

es un fin en la semilla para aceite, la uniformidad en tamaño de semilla, forma y color son objetivos importantes en mejoramiento y selección de girasol no aceitero (Fick, 1978).

#### **2.4.1. Endocría**

La endocría fue utilizada desde 1922 como un método para el mejoramiento del girasol (Fick, 1978), Cardón describió la variación ocurrida en la variedad "Mammoth Russian" e intento aislar diferentes tipos de autopolinización. Por el alto grado de autoesterilidad creyó que el esfuerzo para desarrollar líneas endocriadas sería extremadamente difícil.

#### **2.4.2. Selección Recurrente**

La selección recurrente fue desarrollada como un método para incrementar la frecuencia de genes favorables en las poblaciones manteniendo gran parte de la variabilidad genética que es indispensable para el mejoramiento poblacional (Smith, 1979).

La selección recurrente entre líneas  $S_1$  ha sido empleada para el mejoramiento de poblaciones de girasol cuando los objetivos han sido incrementar el rendimiento, el porcentaje de aceite y la derivación de líneas homocigóticas para usarse en el programa de hibridación (Fick, 1978).

La selección recurrente, parece ser uno de los mejores métodos para incrementar la frecuencia de genotipos deseables de una población original, y así aumentar la probabilidad de resultados en el aislamiento de líneas originales superiores. Existen dos tipos de selección recurrente:

- a) Selección recurrente fenotípica, en la cual el fenotipo de las plantas  $S_0$  es la base de la selección, y
- b) Selección recurrente genotípica, en la cual cierto tipo de prueba de progenies forman las bases de la selección.

Algunos ciclos de selección recurrente requieren autofecundación y evaluación de plantas seleccionadas y subsecuentemente entre cruzamiento de las progenies de las plantas superiores autopolinizadas para producir semilla para el siguiente ciclo de selección (Fick, 1978).

La efectividad de la selección recurrente, depende básicamente de la variabilidad genética, de las frecuencias génicas de la población original y de la heredabilidad de las características bajo selección (Hallauer y Miranda, 1981).

### **2.4.3. Hibridación**

La hibridación es un método de mejoramiento genético con mayor eficiencia en la producción de maíz, ya que los resultados reflejan un incremento marcado en productividad sobre los niveles de rendimiento que las variedades de polinización

libre, debido a que se explota directamente el fenómeno del vigor híbrido o heterosis (CIMMYT, 1987)

El vigor híbrido se define como el incremento en tamaño o el vigor de un híbrido con respecto a sus progenitores. También se propuso el término heterosis para denotar el incremento en tamaño y vigor después de los cruzamientos (Allard, 1980).

El objetivo inmediato de la hibridación, es la producción de ejemplares que presenten nuevas combinaciones o agrupaciones de caracteres y con mayor vigor (De la Loma, 1954)

## **2.5. Diseños Genéticos**

El mejoramiento genético es un proceso continuo en la formación de variedades e híbridos; el conocimiento de los diversos tipos de acción génica y la importancia de estos en la determinación de caracteres de interés, es básico para tener avances rápidos en un programa destinado a la obtención de híbridos (Beltrán, 2003; Malcarne y San Vicente, 2003). Se han desarrollado sistemas de apareamiento ó diseños genéticos para conocer los tipos de acción génica de caracteres cuantitativos, determinar la aptitud combinatoria de los progenitores, seleccionar los mejores y diseñar los métodos de mejoramiento más eficientes (Comstock y Robinson, 1948).

El estudio de la herencia de caracteres cuantitativos implica desarrollar progenies obtenidas de acuerdo a un patrón de apareamiento, lo que comúnmente se llama Diseños Genéticos. Existen varios diseños genéticos y tienen cierta complejidad estadística en el grado de formar progenies, considerando la flexibilidad para aplicarlos a diversos cultivos. La selección del diseño genético estará en función de los objetivos de trabajo de investigación. Deberá elegirse el más práctico y sencillo pero que proporcione la información necesaria. Estos diseños son útiles para conocer el tipo de acción génica que esta presente en los materiales. El tipo de acción génica está compartido por los efectos “aditivos” y de “dominancia”. Dependiendo de la importancia de cada uno de ellos, indican el procedimiento de selección (Hallauer y Miranda, 1981).

### **2.5.1. Diseños de Carolina del Norte**

El Diseño II de Carolina del Norte fue elaborado por Comstock y Robinson (1948). Según la técnica de apareamiento entre progenitores, se reconocen tres métodos, cuyas características se describen a continuación:

#### **2.5.1.1. Diseño Carolina del Norte I**

En este diseño cada macho se cruza con un grupo de hembras diferentes, de tal manera que existe un efecto de anidamiento de las hembras dentro de cada macho, lo cual lleva implícito que no existen efectos maternos, de tal manera que se generan familias de medios hermanos (por cada uno de los machos que se utilizan)

y familias de hermanos completos (por la combinación específica de macho-hembra).

### **2.5.1.2. Diseño Carolina del Norte II**

En este diseño se aparean un número de machos con un igual número “p” de hembras cada uno, de tal manera que tendremos  $p^2$  apareamiento. Generándose familias de medios hermanos maternos y paternos.

### **2.5.1.3. Diseño Carolina del Norte III**

Este diseño sirve para demostrar el ligamiento entre *loci* en la sobredominancia aparente. Se inicia con el cruzamiento de dos líneas homocigotas, para formar la  $F_1$ , la cual se autofecunda para obtener la  $F_2$ , de la cual un grupo de “m” plantas se usan como machos para polinizar a las dos líneas homocigotas progenitoras (obteniendo una retrocruza hacia ambos progenitores), obteniéndose 2 m cruza posibles.

## **2.6. Aptitud Combinatoria**

Generalmente el término aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, es la capacidad medida por medio de su progenie, sin embargo, la aptitud combinatoria debe de determinarse

no en un solo individuo de la población, si no en varios, a fin de poder realizar una selección de aquellos que exhiban la más alta (Márquez, 1988).

En la práctica estos conceptos permiten seleccionar líneas con buen comportamiento promedio en una serie de cruzamientos e identificar combinaciones híbridas específicas con un comportamiento superior al esperado en base al promedio de las líneas que intervienen en el cruzamiento (Fuentes *et al.*, 1997)

La estimación de la aptitud combinatoria de una línea endogámica es fundamental para la formación de híbridos y variedades sintéticas. Inicialmente, la aptitud combinatoria fue un concepto general, utilizada para la clasificación de una línea en relación con su comportamiento en cruzas, actualmente se estima en familias, variedades, cruzas simples o cualquier material que se use como progenitor (Martínez, 1983).

### **2.6.1. Aptitud Combinatoria General**

La Aptitud Combinatoria General (ACG) es el desempeño promedio de una línea pura en algunas combinaciones híbridas, y además proporciona información sobre las líneas con alto grado de endogamia que deben producir los mejores híbridos (Jugenheimer, 1990).

Se define como Aptitud Combinatoria General (ACG) al comportamiento promedio o general de una línea en una serie de cruzas y a Aptitud Combinatoria

Específica (ACE) como el comportamiento de las combinaciones específicas de líneas en relación al comportamiento promedio de las líneas que la forman (Sprague y Tatum, 1942).

La aptitud combinatoria general (ACG) está relacionada con los genes de efectos aditivos y/o aditivos por aditivos, mientras que la aptitud combinatoria específica consiste en los efectos de dominancia y todos los epistáticos. (Matzinger 1963).

### **2.6.2. Aptitud Combinatoria Específica**

La Aptitud Combinatoria Específica, es el resultado del efecto conjunto de dos líneas en particular, por lo que a diferencia de la Aptitud Combinatoria General, ésta es medida como la desviación de la suma de la media general más las aptitudes combinatorias de los progenitores. Esta medida no es característica de cada línea en particular, sino de una combinación especial de pares de líneas (Sprague y Tatum, 1942).

La Aptitud Combinatoria Específica (ACE) se emplea para designar aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen relativamente mejor o peor de lo que podría esperarse sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas (Martínez, 1983).



## **2.7. Parámetros Genéticos o Acción Génica**

Los caracteres cuantitativos son aquellos caracteres susceptibles de medirse tales como: la altura de plantas, diámetro de capítulo, número de hojas, área foliar, diámetro de tallo, días a floración, días a parición de botón, final de floración y están determinados por más de un par de factores aunque generalmente por muchos genes (Brauer, 1981). Las cruza dialélicas, las cuales componen las cruza simples posibles obtenidas de un conjunto básico de líneas progenitoras, constituyen un procedimiento estándar de investigación en la genética de las plantas y se emplean para estimar los componentes genéticos de la variación entre los rendimientos de las propias cruza, así como su capacidad productiva (Martínez, 1983)

## **2.8. Heredabilidad**

La heredabilidad es un parámetro que expresa la proporción de la varianza total que es atribuible a los efectos promedio de los genes y esto determina en parte el grado de parecido entre parientes. La función más importante de la heredabilidad en el estudio de los caracteres métricos, es que expresa la confiabilidad del valor fenotípico, como indicadores del valor productivo; y es el valor productivo de un individuo lo que determina su influencia en la siguiente generación (Becker 1986).

Chávez (1993) dice que la heredabilidad puede estimarse en dos sentidos diferentes: amplio y estricto. La heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ) estima el grado

en que el fenotipo refleja el genotipo; es la proporción heredable del total de la varianza fenotípica:

$$H^2 = \frac{V_G}{V_P} = \frac{V_A + V_D}{V_P}$$

La heredabilidad en sentido estricto ( $h^2$ ) se estima a través de la suma de los efectos de los genes aditivos que el progenitor hereda a su descendencia. En este caso se consideran únicamente los efectos de acción de genética aditiva:

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

Falconer (1985) menciona que al escoger algunos individuos como progenitores por sus valores fenotípicos, el éxito de cambiar las características de la población puede predecirse únicamente a partir del grado de correspondencia entre los valores fenotípicos y los reproductivos.

La heredabilidad representada por ( $h^2$ ) es definida como el cociente de la varianza genética aditiva sobre la varianza fenotípica:

$$h^2 = V_a/V_F$$

Los estudios de heredabilidad son de utilidad para evaluar que parte de la variación total observada en un carácter corresponde a factores genéticos y que parte de factores ambientales (Brauer, 1981).

Cuanto mayor sea la heredabilidad de un carácter cuantitativo, mayor será el parecido entre el grupo de individuos y sus descendientes y que cuanto mayor sea el componente de variación fenotípica debida al ambiente, menor será la correlación entre la manifestación del carácter en los progenitores y en sus descendientes (De la Loma, 1975)

Al escoger algunos individuos como progenitores por sus valores fenotípicos, el éxito de cambiar las características de la población puede predecirse únicamente a partir del grado de correspondencia entre los valores fenotípicos y los reproductivos (Falconer, 1985).

## **2.9. Heterosis**

La heterosis es causada por la presencia de genes dominantes heterocigóticos en condiciones favorables o por causas de la sobredominancia, en donde el heterocigótico es superior a ambos homocigóticos o por genes epistáticos o por genes con acción pleiotrópica. La heterosis del híbrido también puede originarse a causa de la complementación de genes del citoplasma o genoma de mitocondria(s) y cloroplasto(s) (Srivastava, 1981).

Generalmente, la heterosis con respecto al rendimiento depende de la diversidad genética (Kuruvadi, 1988) entre los progenitores de las cruzas o de los valores de los efectos de aptitud combinatoria general de los progenitores o de los altos valores de la actitud combinatoria específica de la craza en cuestión (Kuruvadi,

1987). En este estudio se detectó que la heterosis de los híbridos experimentales fue debida a causa de las tres suposiciones ya que previamente se tenían estimados los valores de aptitud combinatoria general y específica entre los progenitores.

En un trabajo realizado por Guzmán *et al.*, (1995) se detectaron 18 híbridos manifestando heterosis útil y positiva para rendimientos al compararse con la variedad comercial Cernianka, pero ninguno de los híbridos experimentales mostró el mismo efecto al compararse con el mejor híbrido comercial entre los testigos. Esto demuestra la importancia de incluir variedades e híbridos comerciales en cualquier estudio de heterosis para que, sirviendo de testigos, al mismo tiempo sean los indicadores del valor de heterosis útil en una forma precisa y hasta económica con respecto a las diferentes características agronómicas bajo evaluación (Pacapelo *et al.*, 1994).

El concepto de híbridos basados en el cruzamiento de líneas puras ha sido efectivo para explotar la heterosis en girasol. Aunque el fenómeno de la heterosis se expresa claramente en muchas especies y en distintos tipos de cruzamientos, las bases genéticas de la misma siguen sin conocerse. Desde principios del siglo XX se explicó la heterosis como el posible resultado de dos hipótesis: (a) Producto principal del efecto genético de la sobredominancia a nivel de locus, o (b) Efecto de *locis* con dominancia parcial o completa. Aún hoy, ni siquiera el reciente desarrollo de la genética molecular ha permitido generar evidencias a favor de una u otra teoría (Fernández 2006).

Las bases genéticas de la heterosis son motivo de polémica y que se pueden explicar de dos formas: a) la teoría de la dominancia supone que el vigor híbrido es el resultado de la acción e interacción de factores dominantes de adaptación y crecimiento. b) por otro lado, la teoría de la sobredominancia supone que un individuo que es heterocigote produce mayor vigor híbrido (Stanfield 1978)

La heterosis es el cruzamiento de dos variedades que producen un híbrido que en crecimiento, tamaño y rendimiento es superior en relación al mejor progenitor (Jugenheimer 1985).

Se ha comprobado la manifestación de la heterosis prácticamente en todas las especies alógamas cultivadas, aunque con unas se ha trabajado más que con otras, de acuerdo con su importancia económica. La heterosis no solamente se manifiesta en distintas especies, si no también en muy distintas partes de la planta, como puede verse en seguida. En la producción de grano (fruto seco):

**Maíz:** (Solo unas cuantas)

La heterosis se manifiesta principalmente en las plantas de la generación  $F_1$  provenientes de semillas. La heterosis es un fenómeno en el cual el cruzamiento de dos variedades producen un híbrido que es superior en crecimiento, tamaño, rendimiento o en vigor general. Cuando una crusa supera al testigo (Progenitor) es evidente la heterosis (Jiménez, 1995). Los híbridos se fundamentan o se basan en

el vigor híbrido; el vigor, el rendimiento y la mayoría de los caracteres de importancia económica del maíz son de naturaleza cuantitativa y están controlados por un alto número de genes cuyos efectos pueden diferir ampliamente. La acción génica puede ser aditiva, no aditiva o una combinación de ambas. El grado de dominancia, la epistasis y las interacciones genético – ambientales se suman a la complejidad del fenómeno de la heterosis. (Jugenheimer, 1990).

La naturaleza real de la heterosis es en algunas instancias incierta de acuerdo al análisis teórico de Ruebenbauer en 1962. Él propuso que el rendimiento de un híbrido  $F_1$  es una función del genoma y del citoplasma (Frey, 1966)

Para obtener mejor respuesta heterótica, es conveniente combinar germoplasma provenientes de diferentes áreas de adaptación para dar lugar a explotar mejor la heterosis. (Puertas, 1992).

La heterosis permite identificar los híbridos de maíz que manifiestan altos valores heteróticos al cruzarlos y alto potencial de rendimiento. (Preciado, 1999). Estudios sobre el desarrollo del concepto de la heterosis, consideran a ésta como la expresión normal de un carácter complejo cuando los genes concernientes, están en condiciones de alta heterocigosis. Como la mayoría de los caracteres normales son el resultado de la acción, reacción, e interacción de un número incontable de genes y puede ser imposible obtener todos los genes esenciales en el estado más favorable de homocigosis. (Hayes, 1952).

Al llevar a cabo una evaluación de variedades de maíz, ésta se debe enfocar hacia el incremento en la producción de materia seca y considerar características importantes como resistencia al acame, estabilidad en la producción a través de diferentes ambientes, niveles mínimos de pérdida de materia seca durante el ensilaje, vigor inicial, densidad de siembra, así como la facilidad de recolección. (Jugenheimer, 1990)

## **Girasol**

En Canadá se ha observado además, que la castración es imposible y la polinización tiene que efectuarse a través de insectos, en presencia de abundantes abejas pueden sembrarse los progenitores alternadamente para obtener alto porcentaje de cruzamientos debido al trabajo de los insectos, sabiéndose que en la siguiente generación de plantas autofecundadas pueden reconocerse por su menor vigor y que son además, deprimidos por la población híbrida que en esta forma resulta dominante. (Unrau y White 1944; Brauer, 1987).

Ortiz (1989), estudió heterosis para diferentes características agronómicas en ocho líneas enanas de girasol. Se encontró heterosis negativa para altura de planta, días a floración y heterosis positiva para número de semillas por planta, diámetro de capítulo, rendimiento de grano, porcentaje de aceite y proteínas.

## **2.10. Grupos Heteróticos**

El concepto de grupos heteróticos en girasol fue definido por los mejoradores en base a la experiencia adquirida desarrollando líneas y evaluando híbridos. Cuando un genetista establece y define su idea de grupos heteróticos al mismo tiempo planifica su proyecto para aumentar y optimizar el esquema heterótico adoptado (Fernández, 2006).

El concepto de grupos heteróticos en girasol no se ha demostrado en forma científica, sino que los mismos fueron definidos empíricamente al asociarse la heterosis observada en ciertos cruzamientos con el origen de los padres de esas cruzas. En general, se considera que los grupos heteróticos en cualquier especie no son producto de la evolución natural sino el resultado de la selección artificial, particularmente la ocurrida durante las primeras épocas del desarrollo de poblaciones y variedades en áreas geográficas diferentes y distantes (Fernández, 2006).

Grupos heteróticos del girasol son los siguientes: I. grupo de los “restauradores” del USDA, II. Grupo de los “mantenedores” del USDA, III. 2ª generación de variedades rusas, IV. Líneas sudafricanas y V. líneas argentinas (Fernández, 2006).



### **2.11. Interacción Genotipo – Ambiente**

El número de ambientes y principalmente la heterogeneidad de los mismos, son el factor importante en la estimación de la media de rendimientos y los parámetros de estabilidad y propone un rango de cinco a diez ambientes por evaluación (Juárez, 1977)

### **2.12. Genética del Girasol**

La variación genética a través de caracteres asociados con el crecimiento de la planta y los resultados morfológicos o diferencias fisiológicas sirven como base para el desarrollo de líneas y variedades con características agronómicas mejoradas. La variación de caracteres como la altura de planta, floración y madurez son usados particularmente ya que permiten el desarrollo de tipos adaptados a ambientes específicos o regiones agroclimáticas. La variación de otras características como el color del tallo o la hoja, forma de la hoja y número de hojas es de menor valor aparente, sin embargo, algunas de esas características pueden ser correlacionadas con características de importancia económica directa o puede ser usada en estudios de genética básica (Fick, 1978)

El tamaño de la hoja, número de hojas y total de área foliar por planta pueden ser influenciados por factores ambientales, aunque la variación genética significativa ha sido reportada. Los resultados de Ventslavovich (citado por Fick, 1978) indican un rango de tamaño de hojas, medido por longitud, de 8 a 50 cm y un rango de

número de hojas por planta de 8 a 70. Las cruas entre líneas con diferente número de hojas por planta muestran en gran parte una distribución continua en la generación  $F_2$ , lo cual sugiere primeramente herencia cuantitativa. Cierta evidencia de estimaciones de que heredabilidad es alta hasta un 94.4% ha sido obtenida, indicando que el número de hojas por planta es altamente heredable en algunas cruas (Fick, 1978).

El total de área foliar por planta, el cual depende del tamaño de hoja y el número de hojas por planta, varía ampliamente entre genotipos. Vrevalov (1975) encontró casi el doble de diferencias con valores de 4 524 a 8 577  $\text{cm}^2$  / planta entre siete variedades y diferencias de alrededor de siete veces con valores que van desde 1 566 a 11 150  $\text{cm}^2$  / planta entre 47 líneas puras. La heredabilidad obtenida de una evaluación de líneas puras y sus híbridos  $F_1$  fue 57.8%. Shabana (1974) reportó estimaciones de heredabilidad de 88.8% para área foliar por planta y un alto avance genético esperado, así que sugiere la importancia relativa de los efectos génicos aditivos.

Las cruas entre plantas generalmente producen plantas altas en la generación  $F_1$  (Unrau, 1947; Putt, 1966) y muestran una distribución continua en las generaciones  $F_2$  (Gundaev, 1971). Pathak (1974), Kloczowski (1971) y Shabana (1974) reportaron una estimación de heredabilidad en sentido amplio del 20, 49, y 90%, y del 20.4 al 37.5 % de heredabilidad en sentido estrecho.

Unrau (1947) y Putt (1966) reportan que, con unas pocas excepciones, los días a floración de híbridos  $F_1$  fueron precoces y más precoces que los progenitores. Entonces, sugirieron que la floración precoz fue dominante sobre la floración tardía. Varios híbridos también tienen días a floración intermedios entre los dos progenitores; los resultados indican que el tipo de acción génica asociada con los días a floración es dependiente de los genotipos que estén siendo estudiados. La heredabilidad de floración es relativamente alta como lo indican las estimaciones de heredabilidad en sentido amplio de más del 90% (Shabana, 1974), y los coeficientes de correlación de 0.86 y 0.91 entre días a floración de líneas puras y sus híbridos (Russell, 1953).

El tamaño del capítulo es influenciado altamente por los efectos ambientales, especialmente por la densidad de plantación, humedad del suelo y fertilidad del suelo. Entonces, la porción de la variación total en el tamaño del capítulo atribuible a los efectos genéticos a veces es menor que lo que es para otras ciertas características agronómicas. Kloczowski (1975) y Pathak (1974) reportaron estimación de heredabilidad en sentido amplio de 22 y 44%, respectivamente. Russell (1953) encontró un coeficiente de correlación positiva de 0.40 entre tamaño de capítulo de líneas puras y sus cruza híbridas.

Los pétalos florales del girasol son usualmente amarillos pero pueden variar de rojo a anaranjado o amarillo muy pálido (alimonadas) o cercano al blanco. Estudios sobre la herencia del color de la flor indicaron que las mayores diferencias son controladas por unos pocos genes con amplios efectos. Cockerell (1912) sugirió

que un gen simple dominante controlaba el color rojo de la flor. Fick (1976) concluyó que dos genes independientes complementarios dominantes controlaban el color rojo, pero el anaranjado, alimonadas y algunas líneas amarillas pueden poseer uno de los genes para color rojo. Leclercq (1968) reportó que el color amarillo de la flor fue dominante al anaranjado, y que la segregación en  $F_2$  y poblaciones retrocruzadas mostró control monogénico. Skaloud y Kovacik (1974) concluyeron que el alimonado fue heredado como una característica recesiva monogénica en cruza de anaranjado x alimonado y amarillo x alimonado.

Las cruza realizadas por Fick (1976) entre líneas amarillas, anaranjadas, y alimonadas indicaron que el amarillo fue dominante al anaranjado, el alimonado mostró epístasis recesiva al amarillo y naranja, y que dos genes estuvieron involucrados. La interacción de esos dos genes en cruza de amarillo x alimonado produjo rangos de segregación en  $F_2$  de 9 amarillas: 3 naranjas: 4 alimonadas. En cruza de amarillo x anaranjado y anaranjado x alimonado ocurrió la segregación en  $F_2$  para un solo gen.

Los estigmas del disco floral también pueden presentar varias intensidades de pigmentos antociánicos aunque no aparezcan en otras partes reproductivas o vegetativas de la planta. Luczkiewicz (1975) reportó que la presencia de antocianina en el estigma fue dominante sobre su ausencia, y postuló que tres genes independientes con efectos acumulativos controlan la variación en el color del estigma.

Las anteras pueden variar en color de amarillo a café a diferentes formas de negro. Stoenescu (1974) indicó que el color amarillo fue heredado como un gen simple recesivo en una cruce de una línea con las usuales anteras negras. Luczkiewicz (1975) sugirió que a lo mucho cuatro genes son responsables para las diferentes formas de café y negro. El color amarillo normal del polen de las anteras es controlado por un gen dominante simple en cruces de líneas con polen amarillo tenue o cercano al blanco (Stoenescu, 1974).

Otras variaciones morfológicas en el tipo de flor también parecen ser herencia simple. Luczkiewicz (1975) reportó que la longitud de los pétalos florales ligulados fue controlada por dos genes dominantes complementarios independientes con los pétalos cortos mostrando epistasis recesiva a los pétalos largos normales. Él también sugirió que dos genes complementarios dominantes producen tipos con un número reducido de flores liguladas.

Fick (1976) identificó plantas de tres diferentes fuentes que tenían pétalos florales tubulares largos, dos tipos que tenían túbulos florales muy cortos y uno que tenía flores tubulares de longitud normal. Cada uno es controlado por un gen simple recesivo. Cruces del tipo "crisantemo" de girasol, en el cual las flores del disco son completamente liguladas, mostraron que esta característica es dominante en la  $F_1$ . Luczkiewicz (1975) indicó que un gen simple dominante está involucrado, mientras que Fick (1976) sugirió que un mínimo de dos genes controlan el tipo "crisantemo".

Cirnu *et al.* (1974) reportó variación genética significativa en la longitud y diámetro de la corola tubular del disco floral, una característica que puede tener un efecto sobre la atraktividad o accesibilidad de néctar a los insectos polinizadores.

Las variables de tipo cualitativo (color de tallo, hojas, flor, semilla etc.), respecto a las de tipo cuantitativo, presentan diferente grado de interacción con el ambiente, debido a la herencia monogénica o digénica de unas (Wayne y Coffelt, 1982) y poligénica o cuantitativa de las otras (Márquez, 1985). Por tanto, generar una clasificación para caracteres cuantitativos y otra para cualitativos puede ayudar a entender mejor y complementar una clasificación.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización del Experimento**

El trabajo se estableció en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en la ciudad de Torreón, Coahuila, México.

#### **3.2. Localización Geográfica**

La Comarca Lagunera se localiza en la parte Central de la porción Norte de los Estados Unidos Mexicanos; se encuentra limitada por los meridianos 102°00” , 104°47” W, y por los paralelos 24°22” y 26°23” N, a una altura que va de 1,100 a 1400 msnm, promediando 1,139 m. El clima es de tipo árido, caliente y desértico. Le corresponde la clasificación “E” de Martomme, en base a temperatura media anual y el índice de aridez en la zona baja de las cuencas del Río Nazas y Aguanaval. La precipitación pluvial anual es de aprox. 309.1 mm, y las temperaturas máximas corresponden a 30.39 °C, las mínimas a 10.29 °C y la media anual es de 20.14 °C. (SARH, 1993)

#### **3.3. Material Genético**

El material genético esta formado por 25 cruza  $F_1$ , provenientes de la cruza entre 5 progenitores machos y 5 progenitores hembras, los cuales se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 3.1. Material Genético Derivado del Programa de Mejoramiento. Torreón,  
Coah. 2007

♀/♂	II	III	IV	V	VIII
<b>2</b>	2xII F1	2xIII F1	2xIV F1	2xV F1	2xVIII F1
<b>7</b>	7xII F1	7xIII F1	7xIV F1	7xV F1	7xVIII F1
<b>39</b>	39xII F1	39xIII F1	39xIV F1	39xV F1	39xVIII F1
<b>48</b>	48xII F1	48xIII F1	48xIV F1	48xV F1	48xVIII F1
<b>60</b>	60xII F1	60xIII F1	60xIV F1	60xV F1	60xVIII F1

### 3.4. Incremento y Formación de Líneas

En verano del año 2005, se procedió al incremento de materiales de girasol cultivado con un nivel de endogamia de  $S_1$ , al mismo tiempo que se comenzó con el incremento y endogamia del girasol silvestre. El girasol cultivado se avanzó a  $S_2$  y el silvestre a  $S_1$ .

Este incremento de material se realizó mediante autofecundaciones tanto en girasol cultivado como silvestre, cubriendo los capítulos con bolsas de papel para evitar la entrada de polen ajeno que pudiera alterar las características existentes.

### 3.5. Formación de Híbridos $F_1$

Del material incrementado del ciclo anterior se seleccionaron 60 líneas tomando en cuenta algunas características tales como: uniformidad y porte. Estas líneas se establecieron en campo en el ciclo primavera verano del año 2006, las



cuales fueron seleccionadas nuevamente por su uniformidad y porte, en esta selección se tomaron cinco líneas de girasol cultivado y cinco de girasol silvestre, considerando al girasol cultivado como progenitor Hembra y al girasol silvestre como progenitor Macho, al mismo tiempo se realizaron autofecundaciones en una planta de cada progenitor para continuar generando la endogamia las líneas parentales.

Para la realización de las cruzas se emascularon cada una de las cinco líneas de girasol cultivado, esta actividad se realiza por las mañanas para evitar que el capitulo fuera fecundado con su mismo polen y por la viabilidad del polen del girasol silvestre que era el que funcionaba como macho, estas polinizaciones se realizaron manualmente, el polen de cada línea del progenitor macho se recolectaba con una brocha y se colocaba en cajas petri, para trasladarlo hacia el progenitor hembra. Las cajas petri se identificaron con el numero del macho y las brochas después de ser utilizadas en cada línea se hacia una esterilización introduciéndola en alcohol al 100%, esto era con la finalidad de evitar que el polen se contaminara.

### **3.6. Evaluación de Híbridos F<sub>1</sub>**

En año 2007 se establecieron 5 líneas de girasol cultivado, 5 líneas silvestres y 25 genotipos F<sub>1</sub> provenientes de las cruzas entre los dos tipos de líneas anteriores.

### **3.7. Diseño Experimental**

Estos materiales fueron evaluados en un diseño de bloques al azar con 2 repeticiones, en parcelas que consistieron de un surco por genotipo, la siembra se realizo en surcos sencillos a 0.76 metros entre surcos, cada surco con una longitud de 4 m y una distancia entre plantas de 0.40 m, con un total de 11 plantas por parcela.

### **3.8. Manejo Agronómico**

La siembra se realizo el 23 de Marzo del 2007 en el campo experimental de la UAAAN, se realizo de forma manual depositando tres semillas por golpe, a una distancia de 0.40 metros entre planta y planta y entre surcos de 0.75 metros (Reta *et, al.*, 2002)

### **3.9. Toma de Datos**

De acuerdo a la distribución de los genotipos, la toma de datos fue de seis plantas con competencia completa, la cosecha se realizo manualmente, con los capítulos en bolsas de papel identificadas con el numero de parcela.

### **3.10. Variables Registradas**

Se realizo la toma de datos de acuerdo con algunas de las características de los descriptores para la caracterización de girasol, tomándose las variables cuantitativas y una variable cualitativa.

#### **3.10.1. Variables Cuantitativas**

Días a Emergencia (DEM). Contabilizados en días desde la siembra hasta que el 75% de las plántulas calculadas con germinación, emergió a la superficie del suelo.

Días a Aparición de Botón. (DAB). Se estimo en días desde la siembra hasta que el 75% de las plantas por parcela presento el botón floral. El cual se indica en el momento en que aparece la estrella en la parte superior del tallo principal.

Días a Inicio de Floración. (DIF). Es considerada como el número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 75% de las plantas de cada parcela en cada repetición inició su antesis. Se considero que una planta en floración estaba flor cuando tuviera las primeras apariciones de polen.

Días a Final de Floración (DFF). Es indicada como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el total de plantas de cada parcela termino antesis, esto se estimaba cuando los últimos anillos muestren la caída de polen.

Numero de Hojas (NH). Se consideró el número total de hojas de las 6 plantas en la etapa de fin de floración.

Diámetro Interno del Capitulo (DIC). Se tomaron dos medidas cruzadas en todos los capítulos de cada parcela y el promedio fue el que se asignó como el diámetro de cada una de las entradas.

Diámetro Total del Capitulo (DTC). Se midió la parte del centro del capítulo más la longitud de los pétalos.

Longitud de Pétalos (LP). Se obtuvo por diferencia de las dos variables anteriores ( $DIC - DTC$ ). Para considerar la longitud del pétalo.

### **3.10.2. Variables Cualitativas**

Color del Pétalo (CP). Se colectaron muestras representativas de todos los colores de pétalos distintos presentes en cada parcela y se llevaron al laboratorio para ser identificados, posteriormente se clasificaron en grupos de acuerdo a su tipo de color (uniforme o matizado) y tonalidad, formándose diez grupos representativos o patrones a los cuales se les colocaron letras del alfabeto para posteriormente en ellos calificar a los demás colores restantes. Adicionalmente se tomaron fotografías a cada flor para registrar color en campo de cada capítulo y tener más referencias para poder calificar.

### 3.11. Análisis Estadísticos

Las variables tomadas en girasol se sometieron a dos tipos de análisis estadísticos: Análisis de varianza (ANVA), Análisis de Correlación Simple, utilizando el paquete estadístico, SAS v6 12 para Windows (SAS Institute Cary, NC, EUA).

Se realizó el Análisis Genético con el Diseño II de apareamiento de Carolina del Norte (Comstock y Robinsón, 1948), cuyo modelo lineal es:

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

Donde:

$I = 1, 2, \dots, m$  (machos);  $J = 1, 2, \dots, h$  (hembras) y  $k = 1, 2, \dots, r$  (repeticiones).

$Y_{ijk}$ : observación del  $i$ -ésimo macho y la  $j$ -ésima hembra en la  $k$ -ésima repetición.

$\mu$ : es el efecto de la media general.

$M_i$ : es el efecto del  $i$ -ésimo macho.

$M_i H_j$ : es el efecto de la interacción del  $i$ -ésimo macho, con la  $j$ -ésima hembra.

$H_k$ : es el efecto de la  $k$ -ésima hembra.

$\varepsilon_{ijk}$ : es el error experimental.

Cuadro 3.2. Análisis de varianza. Diseño II de Carolina del Norte

F.V	GL	SC	CM	ECM
Rep	R - 1	$\frac{\sum_{k=1}^r y^2_{...k}}{hm} - \frac{y^2_{...}}{hmr}$		
M	m - 1	$\frac{\sum_{j=1}^m y^2_{.j.}}{hr} - \frac{y^2_{...}}{hmr}$	M <sub>4</sub>	$\sigma^2 e + r\sigma^2 HM + hr\sigma M$
H	h - 1	$\frac{\sum_{i=1}^h y^2_{i..}}{mr} - \frac{y^2_{...}}{hmr}$	M <sub>3</sub>	$\sigma^2 e + r\sigma^2 HM + mr\sigma^2 H$
M x H	(h - 1)(m - 1)	$\frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^m y^2_{ij.}}{r} - \frac{\sum_{i=1}^h y^2_{i..}}{mr} - \frac{\sum_{j=1}^m y^2_{.j.}}{hr} + \frac{y^2_{...}}{hmr}$	M <sub>2</sub>	$\sigma^2 e + r\sigma^2 HM$
Error	(r - 1)hm - 1	$\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r y^2_{ijk} - \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^m y^2_{ij.}}{r} - \frac{y^2_{...}}{hmr}$	M <sub>1</sub>	$\sigma^2 e$
Total	rmh - 1	$\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r y^2_{ijk} - \frac{y^2_{...}}{hmr}$		

La estimación de los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) para los machos y hembras, y Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) para las cruzas se hizo según la propuesta de Sprague y Tatum (1942).

$$g_i = \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}$$

$$g_j = \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}$$

$$S_{ij} = Y_{ij} - g_i - g_j - \bar{Y}_{..}$$

Donde:

$g_i$ ,  $g_j$ , y  $S_{ij}$ : son los efectos de ACG y ACE respectivamente para los  $i$ -ésimo macho, las  $j$ -ésima hembra y sus cruzas.

$\bar{Y}_i$ , y  $\bar{Y}_j$ : Son las medias de los machos y hembras.

$\bar{Y}_{ij}$ : Es al valor de la cruce  $i \times j$ .

$\bar{Y}$ : Es la media de todas las  $i \times j$  cruces.

Para el cálculo de los parámetros genéticos se usaron las siguientes formulas:

1.- Varianza del Error ( $\sigma_e^2$ ).

$$M_1 = \sigma_e^2$$

2.- Varianza genética aditiva ( $\sigma_A^2$ ).

$$\sigma_A^2 = 4\sigma_H^2$$

3.- Varianza genética de dominancia ( $\sigma_D^2$ ).

$$\sigma_{H \times M}^2 = \frac{1}{4}\sigma_D^2$$

4.- Varianza fenotípica ( $\sigma_f^2$ ).

$$\sigma_f^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_e^2$$

5.- Grado de dominancia (d).

$$d = \sqrt{2\sigma_D^2 / \sigma_A^2}$$

6.- Heredabilidad en sentido estricto ( $h^2$ )

$$h^2 = \sigma_A^2 / \sigma_F^2 \times 100$$

Donde:

$\sigma_m^2$  = Varianza de machos.

$\sigma_h^2$  = Varianza de hembras.

$\sigma_{mh}^2$  = Varianza de machos por hembras.

Prueba de medias. Se utilizó la Diferencia Mínima Significativa (Last Significant Difference) al 0.05 de probabilidad, para la separación de medias.

$$LSD = t_{\alpha} \sqrt{\frac{2CME}{r}}$$

Donde:  $t_{(\alpha/2 \text{ glee})}$  = al valor de las tablas apropiado a los grados de libertad del error experimental a una probabilidad  $\alpha$ ; CME: es el cuadrado medio del error experimental; r: son las repeticiones.

Para las correlaciones simples se utilizó la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x - \bar{x})^2} \sqrt{\Sigma(y - \bar{y})^2}}$$

Se recurrió a las tablas estadísticas de Pearson para definir la significancia de estas correlaciones solo al  $p=0.05$ .



## IV. RESULTADOS

### 4.1. Cuadrados Medios del Análisis de Varianza.

En el Cuadro 4.1 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza y los niveles de significancia para las ocho variables evaluadas.

Para el factor Macho (M), se observaron diferencias altamente significativas para Días a Aparición de Botón floral (DAB), y significativas para Longitud de Pétalo (LP). En tanto que para Hembras (H) a excepción de Días a Inicio de Floración (DIF) para el resto fueron diferentes, significativamente para Días a Emergencia (DEM), Días a Aparición de Botón floral (DAB) y Días a Inicio de Floración (DFF), y altamente significativo para Longitud de Pétalo (LP), Número de Hojas (NH), Diámetro Interior del Capítulo (DIC) y Diámetro Total del Capítulo (DTC). Contrariamente se observó que para la interacción Macho x Hembra (MxH), no fue significativo.

La poca varianza encontrada en el factor M es probable que se deba a que los cinco genotipos hayan sido seleccionados de una población de amplia base genética y que la selección se haya hecho en función de DAB y LP. En cambio en las H la varianza observada para las siete de las ocho características se debe a que las líneas se seleccionaron en forma contrastante tanto en  $S_1$  como en  $S_2$ . La

ausencia de la interacción Macho x Hembra (MxH), indica que la varianza no aditiva es de poca importancia en el presente trabajo.

Los coeficientes de variación que se obtuvieron en las diferentes variables fueron de 14.30% (DEM), 3.16% (DAB), 3.71% (DIF), 3.57% (DFF), 8.13% (LP), 7.24% (NH), 9.21% (DIC) y 7.86% (DTC). Todos los coeficientes observados, a excepción de DEM que se mostró un poco alto, tienen valores relativamente bajos lo cual indica que la información mostrada es confiable a pesar de haber sido un experimento con pocas repeticiones, Falconer, (1978).

Cuadro 4.1 Significancia de Cuadrados Medios bajo el Diseño II de Carolina del Norte

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>DEM</b>	<b>DAB</b>	<b>DIF</b>	<b>DFF</b>	<b>LP</b>	<b>NH</b>	<b>DIC</b>	<b>DTC</b>
<b>Rep</b>	1	0.29	0.98	18.48*	78.50**	4.52*	4.37	2.10	18.84**
<b>M</b>	4	1.03	7.60*	2.32	5.13	2.51*	7.96	0.86	3.72
<b>H</b>	4	2.93*	5.30*	11.43	14.49*	3.52**	51.50**	3.55**	12.31**
<b>M*H</b>	16	1.64	3.09	5.72	5.09	0.98	5.80	1.17	2.45
<b>Error</b>	24	0.93	1.77	4.31	4.89	0.68	3.18	0.68	2.26
<b>Total</b>	49								
<b>CV %</b>		<b>14.30</b>	<b>3.16</b>	<b>3.71</b>	<b>3.57</b>	<b>8.13</b>	<b>7.24</b>	<b>9.21</b>	<b>7.86</b>

\*, \*\*= Significativo al 0.05 y al 0.01 de probabilidad respectivamente, NS= no significativo; DEM= Días a Emergencia; DAB= Días a Aparición de Botón; DIF= Días a Inicio de Floración; DFF= Días a Final de Floración; LP= Longitud de Pétalos; NH= Numero de Hojas; DIC= Diámetro Interno del Capitulo; DTC= Diámetro Total del Capitulo.

## 4.2. Componentes de Varianza y Parámetros Genéticos

En el Cuadro 4.2, se presentan los valores de los componentes de varianza y parámetros genéticos, de las cruzas evaluadas.

La varianza aditiva fue más importante en las variables Días a Aparición de Botón (DAB), Días a Final de Floración (DFF), Longitud de Pétalo (LP), Numero de Hojas (NH) y Diámetro Total del Capitulo (DTC) con aportaciones de 51, 90, 73, 79 y 92 por ciento respectivamente. Lo cual se refleja en la magnitud de la heredabilidad tanto en sentido amplio ( $H^2$ ) como estrecho ( $h^2$ ) para estas variables. La  $H^2$  oscilo de 63 a 94 por ciento, en tanto que la  $h^2$  fue de 43 a 75 por ciento. Los valores de Número de Hoja (NH) coinciden con lo encontrado por Fick (1978) quien indico que el NH es altamente heredable en algunas cruzas (94.4 por ciento), mientras que el Diámetro Total del Capitulo (DTC) es demasiado alto de acuerdo a lo descrito por (Kloczowski, 1975 y Pathak 1974), quienes reportan valores de 22 y 24 por ciento respectivamente, indicando que la porción de la variación total en el tamaño del capitulo atribuible a los efectos genéticos a veces es menor que para lo que es en otras características agronómicas. Lo anterior muestra que estas variables son altamente heredables y susceptibles de avances genéticos importantes por selección.

Respecto a la varianza de dominancia, al parecer fue más importante en las variables Días a Emergencia (DEM), Días a Inicio de Floración (DIF) y Diámetro Total del Capitulo (DIC) con porcentajes 73, 55 y 51 respectivamente. Estos valores

indican que para estas características en particular existe la posibilidad de formar híbridos, sin embargo la magnitud en estas variables puede estar sobreestimada, pues en las tres variables en el factor Macho (M), tiene una varianza aditiva de cero. Por lo tanto el grado de dominancia ( $\hat{d}$ ) también se sobreestima. Por esta razón, es probable que la mejor opción para un programa de mejoramiento genético de girasol sea la selección recurrente.

Cuadro 4.2. Componentes de varianza y parámetros genéticos de las variables evaluadas.

Var	DEM	DAB	DIF	DFE	LP	NH	DIC	DTC
$\sigma^2A$	0.52	2.69	2.28	3.77	1.63	19.15	0.95	4.45
$\sigma^2D$	1.43	2.63	2.81	0.41	0.59	5.23	0.98	0.39
$\sigma^2A$ (%)	0.27	0.51	0.45	0.90	0.73	0.79	0.49	0.92
$\sigma^2e$	0.93	1.77	4.31	4.89	0.68	3.18	0.68	2.26
$\sigma^2p$	2.87	7.09	9.41	9.07	2.90	27.56	2.61	7.10
D	2.35	1.40	1.57	0.47	0.85	0.74	1.43	0.42
H <sup>2</sup>	0.81	0.86	0.70	0.63	0.87	0.94	0.85	0.81
h <sup>2</sup>	0.21	0.43	0.31	0.57	0.64	0.74	0.42	0.75

$\sigma^2A$ : Varianza Aditiva,  $\sigma^2D$ : Varianza de Dominancia,  $\sigma^2A$  (%): Por ciento de Varianza Aditiva,  $\sigma^2e$ : Varianza del error,  $\sigma^2p$ : Varianza fenotípica,  $\hat{d}$ : Grado de Dominancia, H<sup>2</sup>: Heredabilidad en sentido amplio, h<sup>2</sup>: Heredabilidad en Sentido Estrecho.

### 4.3. Aptitud Combinatoria General (ACG)

En el Cuadro 4.3 se muestra los efectos de la ACG de los progenitores Machos y Hembras para las ocho variables en estudio.

A diferencia de muchos otros estudios que se han realizado en pruebas de maíz en donde se buscan los mayores efectos de ACG (Carmona, 2004 y Torres, 2005), para características de rendimiento en mazorca, rendimiento de granos, número de granos, los cuales a medida que incrementan sus valores son mejores,

en estudios sobre girasol con propósitos diferentes a producción de grano y forraje se parte del hecho de buscar heterosis útil en sentido negativo para características como precocidad, altura de planta, etc. (Ortiz, 1989).

El Macho II presentó dos valores positivos significativos para las variables DAB y LP en cambio, el macho III, donde presenta dos valores negativos para DEM y LP, y el Macho IV con tres valores negativos para DAB, LP y DIC. Los Machos III y IV son un contraste del macho II, donde los dos primeros tienden a heredar en sentido negativo la magnitud de las variables en tanto que el macho II las incrementa, lo cual coincide en lo expuesto por Ortiz, (1989).

Respecto a los valores de ACG de los progenitores hembras, se observa dos grupos contrastantes, en las Hembra 2 y 7 con valores positivos significativos y la 39, 48 y 60 con valores negativos significativos. La hembra 2 presentó valores significativos para NH y DIC, en tanto que la 7 para DAB, LP, NH, DIC y DTC, que contrastan con la 39, 48 y 60, donde la 39 es negativo para DIC, la 48 para DEM, LP, DIC y DTC; resalta la línea 60 con tres valores negativos para DAB, LP y NH, además de un valor positivo significativo para DEM.

Las hembras 2 y 7 se pueden utilizar para fijar las variables DAB, LP, NH, DIC y DTC, la variable DIC y DTC se pueden utilizar para mejorar el rendimiento en cuanto a producción de grano, mientras que NH se utilizaría para la producción de forraje por la cantidad de hojas que se tienen en la planta. En lo que respecta a las hembras 39, 48 y 60 sucede lo contrario y estas características se podrían utilizar

para la producción de flor de ornato por que se requieren plantas con fenotipo, precoces, menor numero de hojas, diámetro de capitulo mediano (Armitaje, 1993; Concilco, 2004).

Referente a los valores de ACG de machos y hembras es probable encontrar respuestas de heterosis negativa en las cruzas de los machos III y IV con las hembras 48 y 60, (Ortiz, 1989).

Cuadro 4.3 Efectos de Aptitud Combinatoria General para Machos y Hembras de girasol para ocho variables evaluadas.

<b>Machos</b>	<b>DEM</b>	<b>ACG</b>	<b>DAB</b>	<b>ACG</b>	<b>DIF</b>	<b>ACG</b>	<b>DFF</b>	<b>ACG</b>	<b>LP</b>	<b>ACG</b>	<b>NH</b>	<b>ACG</b>	<b>DIC</b>	<b>ACG</b>	<b>DTC</b>	<b>ACG</b>
II	6.70	-0.04	43.50	1.40*	56.47	0.50	62.50	0.54	10.88	0.71*	23.73	-0.93	8.87	-0.08	19.75	0.63
III	6.30	-0.44*	41.90	-0.20	56.40	0.43	62.80	0.84	9.68	-0.49*	24.88	0.22	9.07	0.12	18.75	-0.37
IV	7.00	0.26	41.30	-0.80*	55.90	-0.07	61.60	-0.36	9.73	-0.45*	25.80	1.14	8.53	-0.43*	18.25	-0.87
V	7.10	0.36	41.50	-0.60	55.30	-0.67	61.00	-0.96	10.42	0.25	25.12	0.45	8.97	0.02	19.38	0.26
VIII	6.60	-0.14	42.30	0.20	55.77	-0.20	61.90	-0.06	10.15	-0.02	23.78	-0.88	9.33	0.38*	19.48	0.35
<b>Hembras</b>																
2	6.60	-0.14	42.40	0.30	54.97	-1.00	61.60	-0.36	10.17	0.00	26.33	1.67*	9.51	0.56*	19.68	0.55
7	6.70	-0.04	43.00	0.90*	54.77	-1.20	60.00	-1.96	11.15	0.98*	26.05	1.39*	9.60	0.65*	20.75	1.63*
39	6.70	-0.04	42.10	0.00	57.00	1.03	62.80	0.84	10.10	-0.07	24.43	-0.23	8.40	-0.55*	18.50	-0.62
48	6.10	-0.64*	42.00	-0.10	57.00	1.03	62.80	0.84	9.58	-0.59*	25.68	1.02	8.33	-0.62*	17.92	-1.21*
60	7.60	0.86*	41.00	-1.10*	56.10	0.13	62.60	0.64	9.86	-0.31*	20.82	-3.85*	8.91	-0.04	18.77	-0.36
Medias	6.74		42.10		55.97		61.96		10.17		24.66		8.95		19.12	
DMS		0.38		0.73		1.78		2.01		0.28		1.31		0.28		0.93

\*: Significativo al 0.05 de probabilidad.

#### **4.4. Aptitud Combinatoria Específica (ACE)**

En el Cuadro 4.4 se presentan los efectos de la ACE de las 25 cruzas evaluadas para cada variable.

En el Cuadro 4.4 se muestra la ACE de las cruzas evaluadas, donde en general 15 mostraron valores significativos (positivos y/o negativos), resaltando las cruzas 7xII y 60xIV que presentaron cuatro y seis valores significativos. Respecto a la 7xII, donde ambos padres tienen valores positivos de ACG, la craza presentó todos sus valores negativos para Días a Aparición de Botón (DAB), Días a Inicio de Floración (DIF), Días a Final de Floración (DFF) y Diámetro Interior del Capitulo (DIC), lo cual implica que esta craza es de naturaleza mas precoz y con menores diámetros de capitulo, lo cual es importante desde el punto de vista ornamental. La craza 60xIV de los seis valores de ACE dos son positivos para las variables Días a Emergencia (DEM) y Longitud de Pétalo (LP), y los cuatro negativos se presentan en Días a Inicio de Floración (DIF), Días a Final de Floración (DFF), Numero de Hojas (NH) y Diámetro Interior del Capitulo (DIC). Esta combinación es de mayor valor ornamental, puesto que además de ser plantas precoces con menor numero de hojas y menor diámetro de capitulo, se incrementa la Longitud de Pétalo (LP) lo cual le es un valor agregado en la presentación de la flor.



Cuadro 4.4 Efectos de aptitud combinatoria específica para Cruzas de girasol para las ocho variables evaluadas.

Cruza	DEM	ACE	DAB	ACE	DIF	ACE	DFF	ACE	LP	ACE	NH	ACE	DIC	ACE	DTC	ACE
2 X II	5.5	-1.06*	47	2.70*	56	0.53	62.5	0.36	11.3	0.37	25	-0.15	9.5	0.07	20.75	0.45
2 X III	6.5	0.34	43	0.30	56.5	1.10	63.5	1.06	8.5	-1.18*	26	-0.22	9.75	0.12	18.25	-1.05
2 X IV	6	-0.86	39	-2.60*	57	2.10*	62.5	1.26	10.1	0.36	27	-0.55	10.1	1.00*	20.17	1.36
2 X V	8	1.04*	42	-0.30	53	-1.30	60	-0.64	10.2	-0.25	26	-0.70	8.42	-1.11*	18.58	-1.35
2 X VIII	7	0.54	43	-0.10	52.36	-2.42*	59.5	-2.04*	10.8	0.69	27	1.63	9.8	-0.09	20.63	0.60
7 X II	7	0.34	43	-1.40*	52.36	-2.92*	57.5	-3.04*	11.8	-0.03	24	-1.37	8.25	-1.27*	20.08	-1.29
7 X III	6	-0.26	43	-0.30	56	0.80	62	1.16	10.4	-0.24	27	0.81	9.75	0.03	20.17	-0.21
7 X IV	6.5	-0.46	43	0.80	54	-0.70	59	-0.64	10.1	-0.62	28	0.90	8.75	-0.42	18.83	-1.04
7 X V	8	0.94*	43	0.60	55.5	1.40	60	0.96	12.1	0.69	26	-0.92	10.8	1.13*	22.83	1.82*
7 X VIII	6	-0.56	44	0.30	56	1.43	61.5	1.56	11.3	0.20	26	0.58	10.5	0.52	21.83	0.73
39 X II	6.5	-0.16	43	-1.00	57.5	0.00	63.5	0.16	11.1	0.27	23	-0.92	8.58	0.27	19.67	0.54
39 X III	6.5	0.24	42	0.10	58	0.57	64	0.36	10.3	0.64	24	-0.32	9.08	0.57	19.33	1.21
39 X IV	8	1.04*	43	1.20	56.5	-0.43	62	-0.44	9.67	0.01	25	-0.90	8.33	0.36	18	0.37
39 X V	6	-1.06*	41	-1.00	56.5	0.17	62	0.16	10.4	0.07	26	1.11	7.92	-0.50	18.33	-0.43
39 X VIII	6.5	-0.06	43	0.70	56.5	-0.30	62.5	-0.24	9.08	-1.00*	25	1.03	8.08	-0.69	17.17	-1.69*
48 X II	6	-0.06	43	-0.90	58	0.50	64	0.66	10.4	0.12	24	-0.34	8.25	0.00	18.67	0.12
48 X III	6.5	0.84	43	0.70	56	-1.43	62	-1.64	9.17	0.07	25	-1.15	7.83	-0.62	17	-0.54
48 x IV	5.5	-0.86	42	0.30	58.5	1.57	64.5	2.06*	8.42	-0.72	30	3.01*	7.83	-0.07	16.25	-0.79
48 X V	6.5	0.04	42	0.60	55.5	-0.83	61	-0.84	10	0.17	25	-0.80	8.5	0.15	18.5	0.32
48 X VIII	6	0.04	42	-0.70	57	0.20	62.5	-0.24	9.92	0.36	24	-0.72	9.25	0.54	19.17	0.90
60 X II	8.5	0.94*	43	0.60	58.5	1.90	65	1.86	9.83	-0.74	23	2.78*	9.75	0.93*	19.58	0.19
60 X III	6	-1.16*	40	-0.80	55.5	-1.03	62.5	-0.94	10.1	0.71	22	0.88	8.92	-0.11	19	0.61
60 X IV	9	1.14*	41	0.30	53.5	-2.53*	60	-2.24*	10.4	0.96*	20	-2.45*	7.63	-0.86*	18	0.11
60 X V	7	-0.96*	41	0.10	56	0.57	62	0.36	9.42	-0.69	23	1.31	9.25	0.33	18.67	-0.36
60 X VIII	7.5	0.04	41	-0.20	57	1.10	63.5	0.96	9.58	-0.25	17	-2.52*	9	-0.28	18.58	-0.54
Medias	6.74		42.10		55.97		61.96		10.17		24.66		8.95		19.12	
DMS		0.89		1.23		1.92		2.04		0.76		1.65		0.76		1.39

#### 4.5. Heterosis

En el Cuadro 4.5. Se presentan los porcentajes de heterosis (h) y heterobeltiosis (h'), para las ocho características evaluadas.

En general se observa que los porcentajes de heterosis positiva (h) y la heterobeltiosis (h') fueron de baja magnitud pues en ambos casos el mayor porcentaje observado fue de 23.2 y 19.4 los cuales se encuentran entre los mínimos establecidos por Vasal y Cordoba (1996). En contraste la heterosis negativa fue mas frecuente y de mayor magnitud, puesto que de los 200 de cada uno de los tipos de heterosis, el 47 y 59.5 porciento fueron de heterosis negativa para h y h' respectivamente. Lo cual resulta lógico con la no significancia observada en la interacción macho x hembra (MxH). Los porcentajes de heterosis negativa se observaron en las cruzas 60xVIII y 60xIV para la variable NH para heterosis promedio y respecto al mejor progenitor con valores de -21.9% y -26.8% para la primera crusa y -24.6 para la segunda. En el resto de los datos, los porcentajes de heterosis fueron de menor magnitud. La heterosis negativa encontrada, favorece los objetivos del presente trabajo en tanto que nos ayuda a conservar el ideotipo para girasol con propósitos ornamentales, expresado por Armitaje (1993).

Cuadro 4.5 Porcentajes de heterosis (h) y heterobeltiosis (h') para ocho variables evaluadas.

Cruza	DEM		DAB		DIF		DFF		LP		NH		DIC		DTC	
	H	h'	H	h'	H	h'	H	h'	H	h'	H	h'	h	h'	h	h'
2 X II	82.7	82.1	108.3	106.9	100.5	99.2	100.7	100.0	106.9	103.4	100.9	95.9	103.4	99.9	105.3	105.1
2 X III	100.8	98.5	100.8	100.2	101.5	100.2	102.1	101.1	85.6	83.6	102.8	100.0	105.0	102.5	95.0	92.7
2 X IV	88.2	85.7	93.2	92.0	102.8	102.0	101.5	101.5	101.4	99.2	103.3	102.2	111.8	106.0	106.3	102.5
2 X V	116.8	112.7	98.9	97.9	96.1	95.8	97.9	97.4	98.8	97.6	101.4	99.1	91.1	88.5	95.2	94.4
2 X VIII	106.1	104.5	100.4	97.7	94.6	92.7	96.4	95.2	106.6	97.2	108.1	104.0	104.1	102.1	105.4	99.4
7 X II	104.5	104.5	99.4	100.0	94.1	92.8	93.9	91.6	107.4	106.1	95.4	91.2	89.4	85.9	99.2	96.8
7 X III	92.3	85.7	100.1	98.8	100.7	100.2	101.0	100.6	100.0	93.4	106.3	104.0	104.5	101.6	102.1	97.2
7 X IV	94.9	91.5	102.0	100.0	97.6	97.6	97.0	96.7	96.6	90.4	108.3	107.8	96.6	91.1	96.6	90.8
7 X V	115.9	119.4	101.8	100.0	100.8	99.5	99.2	96.9	112.1	108.4	100.0	98.2	115.8	112.0	113.8	110.0
7 X VIII	90.2	89.0	102.0	101.2	101.3	100.1	100.9	99.3	106.4	101.6	103.3	98.8	111.0	109.4	108.6	105.2
39 X II	97.0	97.0	99.3	97.7	101.3	101.8	101.4	101.6	105.6	101.8	93.8	95.2	99.4	96.8	102.8	99.6
39 X III	100.0	97.0	100.0	99.8	102.3	102.8	101.9	101.9	103.6	101.5	98.7	97.8	104.0	108.1	103.8	104.5
39 X IV	116.8	114.3	101.9	101.0	100.1	99.1	99.7	98.7	97.5	95.7	98.2	101.0	98.5	97.8	98.0	98.6
39 X V	87.0	84.5	96.9	97.6	100.6	99.1	100.2	98.7	101.5	100.0	104.9	103.5	91.2	88.3	96.8	94.6
39 X VIII	97.7	97.0	101.9	102.1	100.2	99.1	100.2	99.5	89.7	89.9	102.0	100.6	91.2	96.2	90.4	92.8
48 X II	93.8	89.6	99.4	97.7	102.2	102.7	102.2	102.4	101.8	95.7	98.8	102.9	95.9	93.0	99.1	94.5
48 X III	104.8	103.2	101.3	101.2	98.8	98.2	98.7	98.7	95.2	94.7	97.9	96.4	90.0	86.4	92.7	90.7
48 x IV	84.0	78.6	99.6	100.5	103.6	102.6	103.7	102.7	87.2	86.5	115.9	116.2	92.9	91.9	89.9	89.0
48 X V	98.5	106.6	100.6	100.0	98.8	97.4	98.5	97.1	100.0	104.3	99.7	98.6	98.3	102.0	99.2	103.3
48 X VIII	94.5	98.4	98.5	98.8	101.1	100.0	100.2	99.5	100.5	103.5	97.4	93.8	104.8	111.0	102.5	107.0
60 X II	118.9	111.8	101.8	98.9	103.9	103.6	103.9	103.8	94.8	90.4	101.8	95.5	109.7	109.4	101.7	99.2
60 X III	86.3	78.9	96.5	95.5	98.7	98.4	99.7	99.5	103.2	102.3	95.9	88.1	99.2	98.3	101.3	101.2
60 X IV	123.3	118.4	98.4	98.1	95.5	95.4	96.6	95.8	106.0	105.2	83.7	75.6	87.5	85.6	97.3	95.9
60 X V	95.2	92.1	98.2	97.6	100.5	99.8	100.3	99.0	92.9	90.4	98.3	89.9	103.5	103.2	97.9	96.3
60 X VIII	105.6	98.7	98.4	96.9	101.9	101.6	102.0	101.4	95.8	94.4	78.1	73.2	98.7	96.5	97.2	95.4

#### 4.6. Correlaciones

El Cuadro 4.6 presenta la correlación entre las características evaluadas.

Las variables en las que se encuentra una correlación significativa entre DFF con DIF (0.90) y LP (-0.30), lo cual significa que a medida que aumenta los días a final de floración (DFF), se incrementa proporcionalmente los días a inicio de floración (DIF), en tanto que la longitud del pétalo (LP) disminuye.

Otras variables correlacionadas positivamente son LP con DIC y DTC, con magnitudes de 0.33 y 0.80, lo cual implica que la longitud de pétalo esta en función del diámetro de capitulo. Esta correlación es importante puesto que esta relacionada con las variables de importancia en la selección de girasol ornamental, donde es relevante la magnitud de dichas variables. Otra correlación lógica se observo entre DIC y DTC con un valor de 0.81.

Las variables que presentan una correlación significativa al 0.05 de probabilidad son DIC y LP positivamente, así como NH y DEM, pero estas últimas variables en forma negativa. Las variables de alta correlación son LP y DFF.

Cuadro 4.6 Correlación fenotípica de ocho variables de girasol ornamental.

	DEM	DAB	DIF	DFF	LP	NH	DIC	DTC
DEM	1.00	0.04	-0.20	-0.15	0.05	-0.32*	0.03	0.03
DAB		1.00	-0.04	-0.03	0.23	0.22	0.13	0.19
DIF			1.00	0.90**	-0.25	-0.03	0.00	-0.17
DFF				1.00	-0.39**	-0.12	-0.02	-0.28
LP					1.00	0.06	0.33*	0.80**
NH						1.00	0.12	0.09
DIC							1.00	0.81**
DTC								1.00

(\*\*) = altamente significativo ( $p < 0.01$ ) de probabilidad; (\*) = significativo ( $p < 0.05$ ) de probabilidad.

#### 4.7. Medias de las Variables

En el Cuadro 4.7 se muestran las medias de las ocho variables evaluadas ordenadas de acuerdo a su importancia por cada variable.

Las variable DEM, DAB, DIF, NH y DIC se encuentran ordenadas de menor a mayor ya que cada variable con valores menores son mas importantes en la producción de flor. En el caso de la DEM nos indica cual es la craza más precoz (2xII), DAB nos muestra la craza que presenta primero la aparición del botón floral (2xIV), en el caso de DIF se observa que la craza 2xVIII es la primera en iniciar su floración, NH son de gran importancia ya entre menos hojas presente la densidad se puede aumentar y DIC nos ayuda a seleccionar plantas que se pueden utilizar como ornamental pues para esto se necesitan plantas que presenten un diámetro

pequeño ya que es mas aceptado en el mercado que una flor con capítulos muy grandes.

En el caso de DFF, LP y DTC se ordenaron de mayor a menor ya que estas características indican lo mas deseable para la selección, para DFF esta variable nos muestra la cruz que tarda mas tiempo y por lo tanto tiene mayor vida de florero, que podría ser otra de las características buscadas, LP muestra cual es la cruz que tiene los pétalos mas grandes y estos son importantes para que la flor tenga una mejor presentación y DTC señala las medidas totales del la flor.

Los diámetros de capitulo obtenidos por Aguirre (1983) muestran una media de 14.25 cm con un rango de 11.13 a 20.33 cm., similares a los obtenidos en un análisis combinado de tres localidades realizado por Mendoza (1986), los cuales resultan ser menores en relación a los obtenidos en este trabajo (media= 19.12; rango: 16.25 a 22.83), a pesar de tener como objetivo el incremento en rendimiento. Sin embargo son inferiores a los obtenidos por Tula (1988) quien encontró un diámetro de 25 cm para las cruza simples.

La característica de días a floración indica que las cruza evaluadas resultan ser demasiado precoces (media = 56, rango: de 52.36 a 58.5) comparados con los obtenidos por Mendoza 1986 (rango de 62 a 101.25). Aunque Tula (1988) explica que una cruz simple de girasol inicia la floración a los 52.8 días.

Cuadro 4.7 . Medias calculadas para ocho variables en 25 cruzas de girasol ornamenta

Cruza	DEM	Cruza	DAB	Cruza	DIF	Cruza	DFF	Cruza	LP	Cruza	NH	Cruza	DIC	Cruza	DTC
2 X II	5.5	2 X IV	39.0	2 X VIII	52.4	60 X II	65.0	7 X V	12.1	60 X VIII	17.4	60 X IV	7.6	7 X V	22.8
48 x IV	5.5	60 X III	40.0	7 X II	52.4	48 x IV	64.5	7 X II	11.8	60 X IV	19.5	48 X III	7.8	7 X VIII	21.8
2 X IV	6.0	39 X V	40.5	2 X V	53.0	39 X III	64.0	7 X VIII	11.3	60 X III	21.9	48 x IV	7.8	2 X II	20.8
7 X III	6.0	60 X IV	40.5	60 X IV	53.5	48 X II	64.0	2 X II	11.3	39 X II	22.6	39 X V	7.9	2 X VIII	20.6
7 X VIII	6.0	60 X V	40.5	7 X IV	54.0	2 X III	63.5	39 X II	11.1	60 X V	22.6	39 X VIII	8.1	2 X IV	20.2
39 X V	6.0	60 X VIII	41.0	7 X V	55.5	39 X II	63.5	2 X VIII	10.8	60 X II	22.7	7 X II	8.3	7 X III	20.2
48 X II	6.0	2 X V	41.5	48 X V	55.5	60 X VIII	63.5	7 X III	10.4	7 X II	23.8	48 X II	8.3	7 X II	20.1
48 X VIII	6.0	48 x IV	41.5	60 X III	55.5	2 X II	62.5	39 X V	10.4	48 X VIII	24.1	39 X IV	8.3	39 X II	19.7
60 X III	6.0	48 X VIII	41.5	2 X II	56.0	2 X IV	62.5	48 X II	10.4	39 X III	24.3	2 X V	8.4	60 X II	19.6
2 X III	6.5	39 X III	42.0	7 X III	56.0	39 X VIII	62.5	60 X IV	10.4	48 X II	24.4	48 X V	8.5	39 X III	19.3
7 X IV	6.5	48 X V	42.0	7 X VIII	56.0	48 X VIII	62.5	39 X III	10.3	39 X VIII	24.6	39 X II	8.6	48 X VIII	19.2
39 X II	6.5	2 X III	42.5	48 X III	56.0	60 X III	62.5	2 X V	10.2	39 X IV	24.7	7 X IV	8.8	60 X III	19.0
39 X III	6.5	2 X VIII	42.5	60 X V	56.0	7 X III	62.0	2 X IV	10.1	48 X III	24.8	60 X III	8.9	7 X IV	18.8
39 X VIII	6.5	7 X III	42.5	2 X III	56.5	39 X IV	62.0	7 X IV	10.1	2 X II	25.3	60 X VIII	9.0	48 X II	18.7
48 X III	6.5	39 X II	42.5	39 X IV	56.5	39 X V	62.0	60 X III	10.1	48 X V	25.3	39 X III	9.1	60 X V	18.7
48 X V	6.5	39 X IV	42.5	39 X V	56.5	48 X III	62.0	48 X V	10.0	7 X V	25.6	48 X VIII	9.3	2 X V	18.6
2 X VIII	7.0	48 X II	42.5	39 X VIII	56.5	60 X V	62.0	48 X VIII	9.9	7 X VIII	25.8	60 X V	9.3	60 X VIII	18.6
7 X II	7.0	48 X III	42.5	2 X IV	57.0	7 X VIII	61.5	60 X II	9.8	39 X V	26.0	2 X II	9.5	48 X V	18.5
60 X V	7.0	7 X II	43.0	48 X VIII	57.0	48 X V	61.0	39 X IV	9.7	2 X V	26.1	2 X III	9.8	39 X V	18.3
60 X VIII	7.5	7 X IV	43.0	60 X VIII	57.0	2 X V	60.0	60 X VIII	9.6	2 X III	26.3	7 X III	9.8	2 X III	18.3
2 X V	8.0	7 X V	43.0	39 X II	57.5	7 X V	60.0	60 X V	9.4	2 X IV	26.9	60 X II	9.8	39 X IV	18.0
7 X V	8.0	39 X VIII	43.0	39 X III	58.0	60 X IV	60.0	48 X III	9.2	2 X VIII	27.1	2 X VIII	9.8	60 X IV	18.0
39 X IV	8.0	60 X II	43.0	48 X II	58.0	2 X VIII	59.5	39 X VIII	9.1	7 X III	27.1	2 X IV	10.1	39 X VIII	17.2
60 X II	8.5	7 X VIII	43.5	48 x IV	58.5	7 X IV	59.0	2 X III	8.5	7 X IV	28.1	7 X VIII	10.5	48 X III	17.0
60 X IV	9.0	2 X II	46.5	60 X II	58.5	7 X II	57.5	48 x IV	8.4	48 x IV	29.8	7 X V	10.8	48 x IV	16.3

DEM= Días a Emergencia; DAB= Días a Aparición de Botón; DIF= Días a Inicio de Floración; DFF= Días a Final de Floración; LP= Longitud de Pétalos; NH= Numero de Hojas; DIC= Diámetro Interno del Capitulo; DTC= Diámetro Total del Capitulo.

#### 4.8. Escala de Calificación de Color

En la Figura 4.1 se muestra la frecuencia de cada uno de los diez grupos de colores.

Las hembras presentan una variación semi–continua puesto que de los cinco grupos de existentes de color amarillo estas solo presentan tres (G, E y D). De los cuales el grupo G y D corresponde a colores amarillos claros, mientras que el grupo E fue una tonalidad naranja.

Similarmente se observa una variación bi-modal para los progenitores Macho en los grupos G y D, para la hembras en los grupos F y C, para los progenitores machos ya que de los nueve grupos de color formados estos presentaron solo seis de ellos, excepto de G, D y E que curiosamente son los únicos en donde están presentes las hembras. Esto quiere decir que en los machos se observa una mayor variabilidad para el carácter de color.

La distribución normal y continua de la generación  $F_1$  indica que hay herencia intermedia (grupos H, G, E y D), así como la manifestación de caracteres aditivos para ciertos colores. Esto evidencia el carácter poligénico y acumulativo para el color ya que en el caso del grupo C se observa una frecuencia ligeramente superior al 200 por ciento de la  $F_1$  con respecto a los machos. El grupo B presenta una frecuencia similar para machos y  $F_1$ . Esto difiere de lo explicado por Cockerell (1912), Fick (1976), Leclercq (1968) y Skaloud y Kovacik (1974), quienes asumen



que la herencia de color era monogénica y digénica, sin embargo esto puede deberse a que ellos tal vez emplearon tipos de flor con color uniforme, en cambio nuestros genotipos son de tipo variegado.

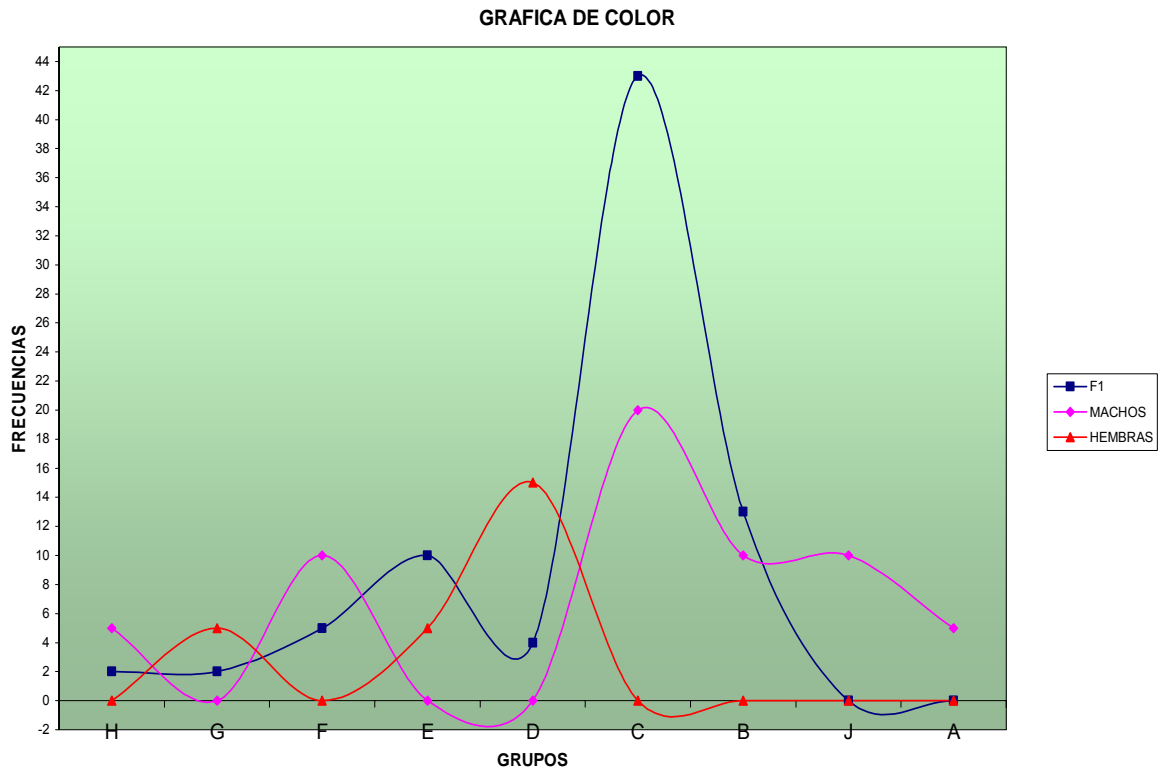


Figura 4.1. Curvas de distribución de frecuencias de progenitores y F<sub>1</sub>.
















♀   ♂	♀ Cultivado	F <sub>1</sub>	♂ Silvestre
2xII			
2xIII			
2xIV			
2xV			
2xVIII			

Figura 4.2. Comparación de colores de progenitores y sus respectivas F<sub>1</sub>. Progenitor 2 y sus híbridos.

















♀   ♂	♀ Cultivado	F <sub>1</sub>		♂ Silvestre	
7xII					
7xIII					
7xIV					
7xV					
7xVIII					

Figura 4.3. Comparación de colores de progenitores y sus respectivas F<sub>1</sub>. Progenitor 7 y sus híbridos.



♀	♂	♀ Cultivado	F <sub>1</sub>		♂ Silvestre	
39xII						
39xIII						
39xIV						
39xV						
39xVIII						

Figura 4.4. Comparación de colores de progenitores y sus respectivas F<sub>1</sub>. Progenitor 39 y sus híbridos.



♀	♂	♀ Cultivado	F <sub>1</sub>		♂ Silvestre	
48xII						
48xIII						
48xIV						
48xV						
48xVIII						

Figura 4.5. Comparación de colores de progenitores y sus respectivas F<sub>1</sub>. Progenitor 48 y sus híbridos.



♀	♂	♀ Cultivado	F <sub>1</sub>		♂ Silvestre	
60xII						
60xIII						
60xIV						
60xV						
60xVIII						

Figura 4.6. Comparación de colores de progenitores y sus respectivas F<sub>1</sub>. Progenitor 60 y sus híbridos.

## V. CONCLUSIONES

En dos de las ocho variables se observó variabilidad en machos y para siete en hembras. La interacción no mostró significancia para ninguna variable.

La acción génica aditiva fue de mayor importancia para todas las variables, por tanto la selección recurrente parece ser el mejor método de mejoramiento genético para el girasol.

De acuerdo a la ACG, las hembras 2 y 7 se pueden usar para fijar las variables DAB, LP, NH, DIC y DTC para usos de producción de grano y forraje; contrariamente la 39, 48 y 60 para fijar características ornamentales.

De acuerdo a la ACE, las cruzas 7xII y 60xIV resultan ser mejores desde el punto de vista ornamental al ser mas precoces, tener menor NH y menores diámetros de capitulo.

Las magnitudes de la heterosis y heterobeltiosis positivas fueron menores y menos frecuentes que las negativas, como resultado de la no significancia de la interacción MxH.

La correlación encontrada entre DIC y DTC con LP indica que esta correlación es importante en la selección de girasol ornamental de acuerdo a la magnitud de dichas variables.

El color mas frecuente correspondió a capítulos con flores liguladas de color combinado amarillo con un tono uniforme de color guindo en un tercio del pétalo.

De acuerdo a las variables evaluadas el arquetipo de una planta y características de flor y color se concluye que el mejor híbrido es 7 x II.



## VI. RECOMENDACIONES

- ✿ En trabajos posteriores que se realicen en girasol para calificación de color se recomienda que los colores sean evaluados lo mas pronto posible pues en este trabajo se perdieron muestras de algunos colores importantes debido a que se echaron a perder, además que mientras mas tiempo pasen en el refrigeración las tonalidades de color se ponen mas oscuras y esto provoca que una alteración al momento de clasificar. De los pétalos que se colecten para evaluar se recomienda que las fotografías se tomen en campo al momento de cortarlos antes de que los coloquen en las bolsas pues la luz del foco y la bolsa reflejan mucho y cuando se van a identificar las fotografías de la parcela es muy difícil pues el brillo también altera el color.
- ✿ Que el trabajo se establezca en más de un ambiente para poder evaluar mejor, pues los comportamientos pueden ser diferentes en cada lugar, ya sea por el tipo de suelo o por las condiciones climáticas. De preferencia que no sea en un clima como el de la Comarca Lagunera.
- ✿ Se recomienda realizar cruza reciprocas para poder evaluar los posibles efectos maternos en la progenie

## VII. LITERATURA

- Allard R. W. 1880. Principios de la mejora genética de las plantas. Cuarta edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. P. 98.
- Armitaje, A. M. 1993. Specialty Cut Flowers. Varsity Press, Inc / Timber Press, Inc. Oregon, USA.
- Becker, W. A. 1986. Manual de genética cuantitativa. Primera edición en español. Academic Enterprises. Pullman. WA. U.S.A. p 174.
- Beltrán F J, J M Ribaut, D Beck, D Gonzalez de Leon (2003) Genetics diversity, specific ability, and heterosis in tropical maize under stress and non, stress environments. Crop Sci. 4: 707-806.
- Brauer H. Oscar. 1981. Fitogenética aplicada (los conocimientos de la herencia vegetal al servicio de la humanidad). (Novena reimpresión 1987). Editorial LIMUSA. Chapingo México.
- Cardón, P. V. 1922. Sunflower studies. J. Am. Soc. Agron. A:69 – 72.
- Carmona García, Heriberto. 2004. Evaluación de Híbridos Varietales de Maíz (*Zea mays L.*) en Base a los Parámetros Genéticos de ACG y Heterosis. Tesis de Licenciatura UAAAN – UL. Torreón, Coahuila.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 1987. CIMMYT- Hechos y tendencias mundiales relacionadas con el maíz 1986: Aspectos económicos en la producción de semilla de variedades comerciales de maíz en los países en desarrollo. México p. 210-223.
- Chávez A. J. L. 1993. Mejoramiento de Plantas 1. Segunda Edición. Editorial Trillas. México. pp 136

- Cirnu, L., V. Dumitrache, et E. Hociota. 1974. La pollinisation du tournesol (*Helianthus annuus* L.) a l'aide des abeilles-un facteur important pour l'augmentation de la production. P. 695-700. *In*: Proc. 6<sup>th</sup> Int. Sunflower Conf. Bucharest, Romania.
- Cockerell, T. D. A. 1912. The red sunflower. *Pop. Sci. Monthly*. p. 373-382.
- Comstock R. E. Y H. F. Robinsón. 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degrees of dominance. *Biometrics*. 4:254-266.
- Concilco, A . M<sup>a</sup> del R. 2004. Selección y Evaluación de líneas S1 de girasol (*Helianthus annuus* L.) con características ornamentales. Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL. Torreón, Coah.
- De la Loma J. L. 1975. *Genética General y Aplicada*. Editorial UTEHA. México.
- Falconer D. S. 1985. *Introducción a la genética cuantitativa*. Trad. de la 1<sup>a</sup>. ed. en inglés por Fidel Márquez Sánchez. México, Continental. p. 430.
- Fernández Aníbal y Ré José. 2006. Mejoramiento genético del girasol. <http://www.girasolsd.com.ar/vertext.php?contenidoid=MTQ> (Revisado el 31 de agosto del 2007).
- Fick, G. N. 1976. Genetics of floral color and morphology in sunflowers. *J. Hered.* 67:227-230.
- Fick, G. N. 1978. Breeding and Genetics. *In*: Carter, J. F. (Ed). *Sunflower Science and Technology*. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA.
- Frey, K. J. 1966. *Plant Breeding. A Symposium Held at Iowa State University*. University. Press. Ames, Iowa. p. 20.

- Fuentes M. L., J. L. Larios, C. Quemé, Pérez y S. Castellanos. 1997. Evaluación regional de cruzas híbridas y predicción de híbridos de maíz de grano blanco. *CIMMYT-PRM*. Guatemala. p. 32.
- Gundaeu, A. I. 1971. Basic principles of sunflower selection. p. 417-465. *In: Genetic Principles of Plant Selection*. Nauka, Moscow.
- Hallauer R. A. and Miranda F. O. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. *The Iowa State University Press Ames, Iowa, 50010*. First Edition. p. 468.
- Hayes, H. K. 1952. Development of the heterosis concept. Edit John W. Low. Sta Coll Press. pp 49 – 60.
- Jiménez G. R., M. Mulaire, P. Ron, y D. J. Ramírez. 1995. Evaluación en cruzas con materiales de maíz adaptados y exóticos en el centro – occidental de México. XVIII Congreso Nacional SOMEFI. 2000. p 130.
- Jones, R. B. 1993. The pulsing with triton X-100 improves hydration and vase life of cut sunflowers (*Helianthus annuus* L.) Hort. Science 28(12):1178-1179.
- Juárez E. R. 1977. Interacción genotipo-medio ambiente en la selección y recomendación de híbridos de sorgo para grano. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. E. N. A. Chapingo, México. p. 120.
- Jugenheimer, W. R. 1990. Maíz: variedades mejoradas métodos de cultivo y producción de semillas. Trad. Piña, G. editorial LIMUSA. Cuarta reimpresión. México. 841pp.
- Kloczowski, Z. 1971. Comparison of the F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> of linear hybrids in sunflowers. Genet. Pol. 12:359-362.

- Kloczowski, Z. 1975. Studies on some features of oil sunflower and their significance in breeding that plant in Poland. *Hodowla Rosl. Aklim. Nasienn.* 19(2):89-131.
- Kuruvadi, S. 1987. Combining ability and heterosis for root potential in durum wheat. *Rachis* 6(2): 33 – 36.
- Kuruvadi, S. 1988. Multivariate analysis of genetic divergence in wheat. *Turrialba* 38(4): 267 – 271.
- Leclerq, P. 1968. Héredité de quelques caractères qualitatifs chez le tournesol. *Ann Amelior. Plant.* 18:307-315.
- Leszczyńska, B. H. 1993. Plantas Ornamentales de Totula, Sierra Norte de Puebla. Primer Simposio Nacional sobre Plantas Nativas de México con Potencial Ornamental. *Memorias Asociación Mexicana de Horticultura Ornamental.* A. C. OPAEP. Puebla, Pue.
- Lozoya, S. H., Villegas, T. O. y García, V. A. 1991. Validación del efecto exhibidor del Paclobutrazol (pp333, BONZI), en nochebuena en dos localidades. IV. Congreso Nacional. *Sociedad Mexicana Hortícola A. C.* pp. 300-301.
- Luczkiewicz, T. 1975. Inheritance of some characters and properties in sunflower (*Helianthus annuus* L.) *Genet. Pol.* 16:167-184.
- Malcarne M F, F M San Vicente G (2003) Patrones heteróticos de líneas tropicales blancas de maíz. *Crop Sci.* 39: 368-371.
- Márquez S. F. 1988. Genotecnía vegetal. Métodos, teoría, resultados. Tomo II. Primera edición. Editorial AGTESA. México. p.p. 563-665.
- Márquez S., F. 1985. Genotecnia Vegetal: Métodos, Teoría, Resultados. Tomo I. AGT Editor, S. A., México D. F. 357 p.

- Martínez G. A. 1983. Diseños y análisis de experimentos de cruzas dialélicas. Segunda edición. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. p. 252.
- Matzinger, D. F. 1963. Experimental estimates of genetics parameters and their applications in self-fertilizing plants. In W.D. Hanso and H.F. Robinson (eds). Statistical genetics and plant breeding. Nas-Nrc No. 982.
- Melgares de A. C. J, 2001. El cultivo del girasol (*Helianthus annuus*) para flor cortada. Revista flor Makert. Berdimedia SL. 2(2):55-61. Sin fecha. Usos del girasol. <http://www.terra.es/personal8/ocamurcia/Floricultura/SECH.htm> (Revisado el 31 de Agosto 2007).
- Mendoza Vargas, Juan René. 1986. Evaluación de Genotipos de Girasol (*Helianthus annuus* L) estudio de parámetros genéticos y correlaciones. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Millar M, N. 1998. A look at 1997 prediction data for the United Status. Floriculture International. November. pp. 14-16.
- Ortegón M., A. S, A. Escobedo M., J. Loera G., A. Díaz F. y E. Rosales R. 1993. Trillas. México, D. F.
- Ortiz S., A. Z. 1989. Estudios de heterosis, heterobeltiosis y heterosis útil en ocho líneas enanas de girasol con alto potencial agronómico. Tesis de licenciatura, Fitotecnia. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, pp. 72 – 76.
- Pathak, R. S. 1974. Yield components in sunflower. p. 271-281. *In*: Proc. 6<sup>th</sup> Int. Sunflower Conf. Bucharest, Romania.

- Preciado O., R. E., I. A. D. Terrón, B. M. Erazo, C. A. Ortega, M. N. Gómez, y M. M. Sierra, (1999). Generación de Híbridos de Maíz para el Bajío con líneas de diversas regiones de México, XVIII Congreso Nacional, SOMEFI. 1999. P.156.
- Puertas, G., J. 1992. Genética. Fundamentos y perspectivas. McGraww-Hill. España. p. 741.
- Putt, E. D. 1966. Heterosis, combining ability, and predicted synthetics from a diallel cross in sunflower (*Helianthus annuus* L.) Can. J. Plant Sci. 46:59-67.
- Putt, E. D. 1978. History and Present World Status. *In*: Carter, J. F. (Ed). Sunflower Science and Technology. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA.
- Reyes, A. 1986. Mi primera enciclopedia (fuego-impuestos). Editorial Cumbre. 4ª Edición de 12 tomos. Tomo 6. Puebla, Pue.
- Reta S, D. G., J. S. Carrillo A., A. Gaytán M., E. Castro M., y J. A. Cueto W. 2002. Guía para Cultivar Maíz Forrajero en Surcos Estrechos. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Folleto para productores Núm. 5. Matamoros, Coah., México.
- Robles, S. R. 1985. Producción de oleaginosas y textiles. 2ª Edición. LIMUSA. México.
- Rodríguez, R. H., Echeverría, M. M., Salaberry, M. T. 2005. Girasol Ornamental *in*: comunicaciones del tercer congreso argentino de girasol 31 de mayo al 01 de junio del 2005. Asociación argentina de girasol. Buenos aires argentina. Unidad Integrada de Balcarce, Estación Experimental INTA-Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP. C.C. 276 (7620) Balcarce. <http://www.asagir.org.Ar/comunicaciones2.asp> (Revisado el 31 de Agosto 2007).

- Russell, W. A. 1953. A study of the inter-relationships of seed yield, oil content, and other agronomic characters with sunflower inbred lines and their top crosses. *Can. J. Agric. Sci.* 33:291-314.
- SAS v6 12 for Windows. SAS Institute Cary, NC, EUA. 1996.
- Shabana. R. 1974. Genetic variability of sunflower varieties and inbred lines. *Proc. 6<sup>th</sup> Int. Sunflower Conf. Bucharest, Romania.* pp. 263-269.
- Skaloud, V., and A. Kovacik. 1974. Inheritance of some heteromorphic characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) p. 291-295. *In: 6<sup>th</sup> Int. Sunflower Conf. Bucharest, Romania.*
- Smith, D S, 1979. A model for evaluating progress for recurrent selection. *Crop Sci.*19:223 – 225.
- Sprague, G. F. and L. A. Tatum. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron.* 34:923-932.
- Srivastava, H. K. 1981. Intergenomic interaction, heterosis and improvement of crop yield. *Advances in Agronomy* 34:118 – 195.
- Stanfield D. W.1978. *Teoría y problemas de la genética.* Libros Mc. Graw Hill. México D.F
- Stoenescu, F. 1974. *Genetica.* p. 93-120. *In: A. V. Vranceanu. Floarea-soarelui.* Editura Academiei Republicii Socialiste. Bucuresti, Romania.
- Torres Velázquez, Julio Cesar. 2005. *Caracterización Genotípica de los Principales Componentes de Rendimiento de Maíz para Grano.* Tesis de Licenciatura UAAAN – UL. Torreón, Coahuila.



- Tula Sánchez, Jesús, 1988. Evaluación de cruzas simples, dobles y triples en girasol (*Helianthus annus* L). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Unrau, J. 1947. Heterosis in relation to sunflower breeding. *Sci. Agric.* 27:414-427
- Vasal S. K y H. Córdova. 1996. heterosis en maíz: acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. Curso internacional de actualización en fitomejoramiento y agricultura sustentable. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Villarroel, D, 1989. Agroecología y Agronomía de La Producción del Girasol en el estado Monagas. FONAIAP. Divulga N° 31.
- Vrevalov, T. 1975. Studies of the ecological adaptability of the genetically stable inbred lines and the existing varieties of sunflower from the aspect of yield, oil content, and disease resistance. Research Report, Grant No. FG-YU-225. Institute of Agric. Res., Novi Sad, Yugoslavia.
- Wayne, J. C., and T. A. Coffelt. 1982. Genetics of *Arachis hypogaea* L. *In: Peanut Science and Technology.* Pattee H. E, and C. T. Young (eds). American Peanut Research and Education Soc., Inc. Yoakum, Texas. USA, pp.: 50-94.

## VIII. APÉNDICE

Cuadro 8.1. Genotipos de girasol ornamental y su genealogía. Torreón, Coahuila. 2007

Genotipos	Genealogía	Genotipos	Genealogía
II	G-1 -1-B	39XII F1	SSE-MH 56-7-3 xG-1 -1
III	G-3 -1-B	39XIII F1	SSE-MH 56-7-3 xG-3 -1
IV	G-3 2003 (a) -3-B	39XIV F1	SSE-MH 56-7-3 xG-3 2003 (a) -3
V	G-4 -4-B	39XV F1	SSE-MH 56-7-3 xG-4 -4
VIII	G-6 -7-B	39XVIII F1	SSE-MH 56-7-3 xG-6 -7
2	SSE-PL 01 -6-Ä-B	48XII F1	SSE-MH 57-1-2 xG-1 -1
7	SSE-PL 02 -4-Ä-B	48XIII F1	SSE-MH 57-1-2 xG-3 -1
39	SSE-MH 56-7 -3-Ä-B	48XIV F1	SSE-MH 57-1-2 xG-3 2003 (a) -3
48	SSE-MH 57-1 -2-Ä-B	48XV F1	SSE-MH 57-1-2 xG-4 -4
60	SSE-MH 59-1 -11-Ä-B	48XVIII F1	SSE-MH 57-1-2 xG-6 -7
2XII F1	SSE-PL 01-6 xG-1 -1	60XII F1	SSE-MH 59-1-11 xG-1 -1
2XIII F1	SSE-PL 01-6 xG-3 -1	60XIII F1	SSE-MH 59-1-11 xG-3 -1
2XIV F1	SSE-PL 01-6 xG-3 2003 (a) -3	60XIV F1	SSE-MH 59-1-11 xG-3 2003 (a) -3
2XV F1	SSE-PL 01-6 xG-4 -4	60XV F1	SSE-MH 59-1-11 xG-4 -4
2XVIII F1	SSE-PL 01-6 xG-6 -7	60XVIII F1	SSE-MH 59-1-11 xG-6 -7
7XII F1	SSE-PL 02-4 xG-1 -1		
7XIII F1	SSE-PL 02-4 xG-3 -1		
7XIV F1	SSE-PL 02-4 xG-3 2003 (a) -3		
7XV F1	SSE-PL 02-4 xG-4 -4		
7XVIII F1	SSE-PL 02-4 xG-6 -7		

Figura 7.1. Catálogo de colores en liguas de girasol ornamental.



A= 1	B <sub>1</sub> = 2	B <sub>2</sub> = 3	B <sub>3</sub> = 4	C <sub>1</sub> = 5	C <sub>2</sub> = 6	C <sub>3</sub> = 7
C <sub>4</sub> = 8	C <sub>5</sub> = 9	C <sub>6</sub> = 10	C <sub>7</sub> = 11	D <sub>1</sub> = 12	D <sub>2</sub> = 13	D <sub>3</sub> =14
D <sub>4</sub> = 15	D <sub>5</sub> = 16	E <sub>1</sub> = 17	E <sub>2</sub> = 18	E <sub>3</sub> = 19	E <sub>4</sub> = 20	E <sub>5</sub> =21
E <sub>6</sub> = 22	E <sub>7</sub> = 23	E <sub>8</sub> = 24	F <sub>1</sub> = 25	F <sub>2</sub> = 26	F <sub>3</sub> = 27	G <sub>1</sub> =28
G <sub>2</sub> = 29	G <sub>3</sub> = 30	H <sub>1</sub> = 31	H <sub>2</sub> = 32	H <sub>3</sub> = 33	I <sub>1</sub> = 34	I <sub>2</sub> = 35
I <sub>3</sub> = 36	I <sub>4</sub> = 37	I <sub>5</sub> = 38	I <sub>6</sub> = 39	J <sub>1</sub> = 340	J <sub>2</sub> = 41	J <sub>3</sub> = 42
J <sub>4</sub> = 43	J <sub>5</sub> = 44	K= 45.				

Cuadro 8.2. Relación de colores encontrados en los progenitores y en la F<sub>1</sub>.

♀ Cultivado	F <sub>1</sub>	♂ Silvestre
28	10, 11, 22	26, 33
28	8, 10, 11, 18	1, 42
28	10, 11	4, 26, 43
28	7, 10, 20	5, 7, 10
28	7, 10, 18, 23	2, 5
21	7, 10, 11, 25	26, 33
21	11, 16, 20	1, 42
21	2, 10, 26, 30	4, 26, 43
21	9, 24, 29	5, 7, 10
21	8, 10	2, 5
16	3-4, 10, 11, 15, 17	26, 33
16	3, 7, 9, 10, 25	1, 42
16	3, 9, 10, 11	4, 26, 43
16	2-3, 5-9, 6, 6-8, 9, 10	5, 7, 10
16	2, 5, 8, 14	2, 5
16	15, 31	26, 33
16	4, 8, 16, 26	1, 42
16	2, 4, 9, 10, 18	4, 26, 43
16	2, 4, 5, 10	5, 7, 10
16	18,8	2, 5
14	10	26, 33
14	25, 31	1, 42
14	10	4, 26, 43
14	1-2, 5, 7	5, 7, 10
14	4	2, 5