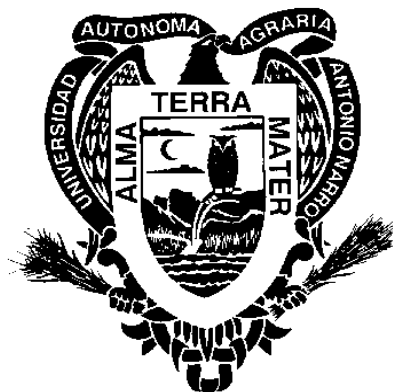


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EFFECTOS GENÉTICOS Y HETEROSIS EN CRUZAS DE
GIRASOL CULTIVADO X SILVESTRE (*Helianthus annuus L.*)**

POR:

RAMÓN CABRERA SÁNCHEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA MÉXICO

ABRIL DEL 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. RAMÓN CABRERA SÁNCHEZ.

**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. Oralía Antuna Grijalva.

ASESOR

Dra. Diana Jasso Cantú

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

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

ABRIL DEL 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. RAMÓN CABRERA SÁNCHEZ.

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

**INGENIERO AGRÓNOMO
APROBADA POR:**

PRESIDENTE

DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

VOCAL

Ph. D. ARTURO PALOMO GIL

VOCAL

M.C. Oralia Antuna Grijalva

VOCAL SUPLENTE

Dra. Diana Jasso Cantú

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

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

ABRIL DEL 2008

DEDICATORIA

A mis abuelos

El Sr. Manuel Sánchez Caballero quien me ha enseñado el valor y el amor al campo y a la tierra y sobre todo como trabajarla para obtener lo mejor de ella.

A la Sra. Herlinda Arce Sánchez quien me ha enseñado con el ejemplo a nunca rendirse sin importar lo que pase y sobre todo por animarme a concluir mis estudios.

A mis padres

El Sr. Ramón Cabrera Valencia y la Sra. Nicolasa Sánchez Arce quienes gracias a ellos y a su apoyo económico y moral hoy he concluido mis estudios

A mis hermanas

Guadalupe Balbina Cabrera Sánchez y Concepción Cabrera Sánchez ya que siempre me han motivado para salir adelante.

Mis tíos

Manuel Sánchez Arce, José Luis, Antonio, Ángela, Margarito y María de los Ángeles. Ya que ellos siempre me apoyaron y han estado conmigo en cada etapa de mi vida

AGRADECIMIENTOS

A mí “Alma Terra Mater” por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios.

Al Dr. Armando Espinoza Banda por el apoyo que ha brindado para realizar y concluir este trabajo.

Al comité de evaluación por sus sugerencias y críticas a este trabajo.

A mis amigos de generación que me han acompañado siempre: Edgar Jesús Terrazas Rivas⁺ y Maximino Francisco Cayetano.

A mis asesores personales y grandes amigos: José Luis Coyac Rodríguez, María Eugenia Barrera Ortiz por todo su apoyo y orientación para concluir este trabajo.

A la Rondalla de Torreón y sobre todo al MVZ. Manuel Esquivel Limones por la atención y oportunidad que me brindo para formar parte de ese grupo cultural que caracteriza a la UAAAN-UL.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	i
TABLA DE CUADROS	iii
RESUMEN.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo	3
1.2 Hipótesis.....	3
1.3 Meta	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.2 Importancia Mundial	5
2.3 Importancia Nacional.....	6
2.4 Objetivo del Mejoramiento.....	7
2.5 Rendimiento.....	8
2.6 Fruto y Grano	11
2.7 Contenido de Aceite y Proteína	12
2.8 El Girasol Silvestre	18
2.9 Heterosis	19
2.9 Aptitud Combinatoria (AC).....	21
2.10 Aptitud Combinatoria General (A.C.G.) y Específica (A.C.E.).....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Localización del Experimento	24
3.2 Localización Geográfica.....	24
3.3 Material Genético.....	24
3.4 Incremento y Formación de Líneas	25

3.5 Formación de Híbridos F_1	25
3.6 Evaluación de Híbridos F_1	26
3.7 Diseño Experimental	27
3.8 Manejo Agronómico.....	27
3.9 Toma de Datos.....	27
3.10 Variables registradas	28
3.10.1 Variables Cuantitativas.....	28
3.10.2 Variables Cualitativas	29
3.11 Análisis Estadísticos	29
IV. RESULTADOS.....	34
4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza.	34
4.2 Componentes de varianza y parámetros genéticos	35
4.3 Aptitud Combinatoria General (ACG)	37
4.4 Aptitud Combinatoria Específica (ACE)	39
4.4 Heterosis	41
4.6 Correlaciones	43
V. CONCLUSIONES.....	45
VI. LITERATURA CITADA.....	46

TABLA DE CUADROS

Cuadro 3.1. Genotipos de girasol cultivado, silvestre y sus cruzas.	25
Cuadro 3.2 Análisis de varianza. Diseño II de Carolina del Norte.....	31
Cuadro 4.1 Significancia de Cuadrados Medios bajo el Diseño II de Carolina del Norte.....	35
Cuadro 4.2 Componentes de varianza y parámetros genéticos de las variables evaluadas. 36	
Cuadro 4.3 Efectos de Aptitud Combinatoria General para Machos y Hembras de girasol para nueve variables evaluadas.	38
Cuadro 4.4 Efectos de Aptitud Combinatoria Especifica de cruzas de girasol para nueve variables evaluadas.....	40
Cuadro 4.5 Porcentajes de heterosis (h) y heterobeltiosis (h') para nueve variables evaluadas.....	42
Cuadro 4.6 Correlación fenotípica de nueve variables en estudio.....	44

RESUMEN

Con el objetivo de estimar los parámetros genéticos y heterosis en cruzas de girasol cultivado por silvestre, se realizó un trabajo en el campo experimental de la UAAAN-UL, en primavera del 2007, Se cruzaron cuatro líneas de girasol cultivado con cuatro silvestres, utilizando el Diseño II de Carolina del Norte, generándose 16 cruzas biparentales, evaluadas bajo un diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones. Se estimaron efectos de aptitud combinatoria general y específica para machos y hembras, heterosis, así como componentes genéticos. Las variables medidas fueron DEM, DAB, DIF, DFF, PR, NH, DIC, REND y ACEITE. La acción génica aditiva fue la más importante para la mayoría de las variables. Solo las variables PR, REND y ACEITE presentaron heterosis mayor al 20 por ciento. Los híbridos generados del progenitor 7 fueron significativos para los valores de REND mientras que los del progenitor 54 fueron para ACEITE. Los híbridos 54xVI y 60xII resultan ser mejores para las variables PR y REND. Para ACEITE el mejor híbrido fue 60xVI. REND correlaciona con DAB, DIF, DFF y NH. En tanto que ACEITE correlacionó negativamente con DEM.

I. INTRODUCCIÓN

El girasol es un cultivo cuya producción de grano se destina en su totalidad a la extracción de aceite para el consumo humano, ya que posee alto porcentaje de aceite, el cual es de excelente sabor y calidad, (Ortegón, 2004).

La producción mundial de aceite de girasol, representa el 11.7% de la producción total mundial de aceites vegetales y marinos, (ASERCA 1998).

Entre los años 2002-2003 los principales productores de semilla de girasol fueron: la EX-URSS (7.0 millones de Ton), Argentina (4.0 millones de Ton), la Unión Europea (3.0 millones de Ton), Estados Unidos (1.0 millones de Ton) y otros países (9.0 millones de Ton) quienes en conjunto producen más del 65% del total mundial, (Ortega y Ochoa 2003).

En México la producción de este grano oleaginoso es mínima, por ello, para abastecer el consumo nacional de aceite comestible de girasol, se importaron en el año 2003, 152 mil toneladas de grano y 50 mil toneladas de aceite crudo, (Ortegón, 2004).

El año 1971 representa en términos estrictos el principio y fin de la producción de girasol en México, ya que por primera y única vez (hasta la fecha) no se ha logrado igualar tanto la superficie cosechada que fue de 51 mil hectáreas, y la producción que se calculó en 24 mil toneladas, (ASERCA, 1995).

El porcentaje de aceite en girasol normalmente es del 35-53% en las variedades e híbridos actuales, es de excelente calidad comestible, libre de componentes tóxicos y de alto contenido de ácidos grasos insaturados (80-90%) entre los que se destacan el oleico (monoinsaturado) y el linoleico (polinsaturado). (Agrolink 2006).

Con la creciente industria de los productos naturistas, los ácidos grasos monoinsaturados y polinsaturados (ácido linoleico y el ácido alfa linolénico) tienen relevancia económica y es pertinente buscar fuentes vegetales que provean a esta rama industrial (IVU 2007; Parodi 2007). La diversidad existente en el girasol permite buscar biotipos que produzcan importantes porcentajes tanto de aceite y de ácidos grasos. El uso de tipos silvestres en cruces con el girasol cultivado es un camino para buscar un efecto heterótico tanto en la producción como en el porcentaje y la calidad de aceite, (Terzić, *et al* 2006).

1.1 Objetivo

Estimar el porcentaje de heterosis, ACG, ACE y parámetros genéticos entre la cruce de girasol Cultivado x Silvestre en características agronómicas, producción y porcentaje de aceite.

1.2 Hipótesis

Ho: Es posible encontrar los efectos heteróticos y genéticos en las cruces de girasol Cultivado x Silvestre.

Ha: No existen efectos heteróticos y genéticos en las cruces de girasol Cultivado x Silvestre.

1.3 Meta

Detectar al menos un 20% de heterosis en cruces de girasol Cultivado x Silvestre.

Definir el tipo de acción genética involucrada en las características evaluadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

El girasol es una planta cuya semilla tiene un alto contenido de aceite, el cual se utiliza en la alimentación humana y en la industria. La principal característica de esta oleaginosa es la tolerancia a la sequia y a bajas temperaturas, (Hortelano 1975).

2.1 Antecedentes

El aceite de girasol comenzó a producirse con un destino comercial en Rusia alrededor de 1830, época en que el contenido de aceite de los cultivares sembrados promediaban un 25 %. Los agricultores rusos comenzaron a seleccionar por mayor contenido de aceite y en 1912 algunas variedades superaban el 35 %. Posteriormente, en la década de 1920, se establecieron los primeros programas de mejoramiento genético en la Unión Soviética logrando que en 1940 el contenido de aceite en la URSS promediara 45 %, (Fernández y Ré 2006).

La producción comercial de este cultivo adquirió gran importancia en el mundo a partir de 1975, año en el que Estados Unidos de Norteamérica generó y puso a disposición de los agricultores la semilla de los primeros híbridos de girasol, (Ortegón, 2004).

2.2 Importancia Mundial

La superficie de girasol se incrementa cada día en todo el mundo a tal punto que en la actualidad ocupa el segundo lugar entre las plantas oleaginosas, después de la soya, con más de 20.8 millones de ha; la producción mundial de semillas de girasol actualmente supera los 24.0 millones de toneladas, con más de 10 millones toneladas de aceite, (Agrolink 2006).

Uno de los derivados de la semilla de girasol es el aceite. De este no se llegan a comercializar los volúmenes que se negocian de otros productos, por ejemplo: El aceite de frijol soya o el aceite de palma, que durante los años 2002/2003 se comercializaron más de 10 millones de toneladas; sin embargo, el aceite de girasol se comercializó con un poco más de 2 millones, lo que evidencia que la producción y comercio mundial de aceite de girasol representa una importante fuente de ingresos para los productores que lo obtienen de cada país, de acuerdo con la USDA, en los últimos cinco años el comercio mundial de aceite de girasol, medido por las exportaciones se ubicó en 3.2 millones de toneladas como promedio anual, (Ortega y Ochoa 2003).

La producción de semilla de girasol se encuentra dentro de las cinco más importante del mundo, la producción de frijol soya ocupa el primero con poco más del 54.7% del total de oleaginosas, según las cifras del ciclo de producción 1997/98. La producción mundial de girasol, representa aproximadamente el 8.3% de la producción de oleaginosas, (ASERCA, 1999).

El girasol cultivado (*Helianthus annuus* L.), por ser una planta que tiene semillas productoras de aceite comestible, es una especie que posee una gravitación económica importante en varios países del mundo, entre los cuales debe mencionarse a Argentina, (Rodríguez 2004). Él cual se considera el segundo mejor productor de semilla de girasol cuya cosecha representa aproximadamente 23.1% del total mundial, (ASERCA 1999).

2.3 Importancia Nacional

El girasol se cultiva principalmente en el noreste y centro del país. No obstante es originario de México, además es un cultivo que dentro de las cualidades que posee destaca: el alto contenido de aceite de su semilla, tolerancia a periodos largos de sequia y a las bajas temperaturas, y la posibilidad de mecanización de sus labores y cosecha. El girasol por su tolerancia a sequía y heladas, ofrece buenas posibilidades de ganancia para el agricultor, representando así una valiosa alternativa de siembra, además cuenta con un mercado seguro y un precio de garantía lo que lo hace más atractivo, (Delgadillo 1982).

El consumo anual de aceite en México es de 15 kilogramos por persona, siendo necesario producir por año un millón de toneladas aproximadamente; pero el país produce sólo 600 mil, y el resto lo adquiere en el extranjero para poder satisfacer sus necesidades internas, (Román, 1987).

México ha registrado una tendencia a la baja en la producción de semillas oleaginosas, tendencia que en algunas de ellas también se puede observar a nivel mundial, como es el caso de la semilla de girasol. (Ortega y Ochoa, 2003).

Tamaulipas ha sido por tradición el principal productor de semillas de girasol de México, a tal grado que en los últimos diez años en ese estado se cosecha poco más de la mitad de la semilla de girasol que se obtiene, sin embargo ha habido algunos años en los que se ha recolectado mas del 70% de la producción del país, (Ortega y Ochoa, 2003).

2.4 Objetivo del Mejoramiento

El girasol cultivado (*Helianthus annuus* L.) es una de las principales especies anuales productoras de aceite en el mundo, junto con la soya (*Glycine max* L.), canola (*Brassica rapa* L.), por ello el mejoramiento y mantenimiento de altos porcentajes de aceite en los aquenios, es un objetivo prioritario en el desarrollo de variedades de girasol. (Putt, 1997).

Aunque el aceite de la semilla de las variedades de girasol es considerado de buena calidad para propósitos comestibles, el desarrollo de variedades con alto contenido de ácido oleico es actualmente, un punto importante en el mejoramiento genético. (Martínez *et al.*, 1993).

2.5 Rendimiento

El rendimiento es un carácter de suma importancia y por eso sus valores de heredabilidad ocupan un lugar especial en el interés de todo programa de mejoramiento. Kloczowski (1975) realizó un estudio de heredabilidad en un sentido amplio para diferentes características agronómicas, encontró que para rendimiento fue de 18 por ciento, mientras que para altura de planta, peso de 100 semillas, por ciento de aceite, por ciento de cascara y diámetro de capítulo fue de 22 a 49 por ciento.

Los rendimientos de híbridos y variedades bajo riego y temporal alcanzan entre 2.0 y 3.5 toneladas de grano, de estos rendimientos el 40 por ciento son de aceite de alta calidad (Ortegón, 1993).

En el rendimiento lo más importante es el número de grano producido por metro cuadrado, dependiendo de este nivel sobre los componentes de rendimiento. El nitrógeno y el agua deben de tener estabilidad como principales factores internos sobre estos componentes. La medida de los granos varía por factores genotípicos (40-50 por ciento de variación) y ambientales (Merrien, 1992).

El rendimiento en grano para algunos genetistas o el rendimiento en aceite para otros, es él más importante de los objetivos de mejoramiento en un programa de girasol. El rendimiento es una característica compleja cuya expresión depende de los efectos ambientales que afectan al cultivo durante todo su ciclo. Es por ello

es difícil la determinación precisa de las diferencias genéticas entre híbridos debido a lo impredecible de los efectos ambientales. Por este motivo se hace necesario conducir ensayos comparativos de rendimiento en una serie de ambientes (localidades-años) para poder separar los efectos ambientales y genéticos, (Fernández y Ré 2006).

En el caso de girasol (Robinson, 1978; Aguirrezábal *et al.*, 1996) reportan que el rendimiento de éste viene del producto de tres componentes: número de capítulos por hectárea, número de semillas por capítulo y peso de la semilla. Considerando que las variedades producen un solo capítulo por planta, el primer componente está determinado por la población de plantas por unidad de área. Los otros dos componentes por el primer componente y por la variedad, clima, suelo y plagas del cultivo.

Aguirre (1983) evaluó 200 familias de medios hermanos de girasol de la población "Tamaulipas Selección para Alto Rendimiento ciclo cero" (TSARc0). Encontró correlaciones positivas entre rendimiento y los caracteres días a floración, altura de planta y diámetro de capítulo. Informa además, que la altura de planta tiene una correlación positiva con el diámetro de capítulo y negativa con contenido de aceite.

Burns (1970) estudio el efecto del diámetro de capítulo sobre el rendimiento de girasol. Encontró una correlación altamente significativa ($r=0.95$) lo cual sugiere

que el diámetro de capítulo podría ser utilizado para estimar el rendimiento por parcela.

Ghanavati *et al* (1981) en las poblaciones de girasol para regiones semiáridas de Irán, encontraron coeficientes de correlación altamente significativos para rendimientos de aceite con rendimiento de semilla y contenido de aceite. De la misma manera, reporta asociaciones altamente significativas entre diámetro de capítulo con rendimiento de semilla y rendimiento de aceite.

Fick (1978) encontró una alta correlación negativa entre el contenido de aceite y el peso de la semilla en el girasol, lo cual demuestra una tendencia de las semillas pequeñas a tener mayor contenido de aceite.

Vranceanu (1977) menciona que la heredabilidad del contenido de aceite en las semillas de girasol es de 65 a 72 por ciento, en tanto Aguirre (1983) encontró una heredabilidad de 41.5 por ciento para rendimiento y de 81.95 por ciento para contenido de aceite.

La irrigación tiene una significativa influencia en los atributos del rendimiento tales como diámetro de capítulo, número de semillas por capítulo y contenido de aceite. Se recomiendan dos riegos uno después de la siembra y otro durante el desarrollo de la semilla para elevar la producción (Puntry, 1981).

Fick (1978) menciona que la heredabilidad para rendimiento comparada con otras características agronómicas es baja debido a los efectos ambientales.

2.6 Fruto y Grano

En botánica el fruto del girasol se llama aquenio, el cual es seco indehiscente y se compone por el pericarpio y la semilla. La semilla es de forma alargada, angosta en su base y comprimida. Las semillas de las variedades aceiteras suelen ser negras otros colores que pueden presentar son blancos, marrón o a menudo, oscuros con bandas blancas y tienen un 25% de cáscara. El aquenio mide alrededor de cuatro a seis mm de ancho, por ocho a doce mm de largo. El contenido de aceite oscila entre el 40 a 50 por ciento, según la variedad y los efectos del ambiente donde se desarrollen. En el capítulo las semillas grandes se encuentran en la periferia y las pequeñas en el centro, (Guerrero, 1977).

El fruto de girasol está formado por el pericarpio y la semilla (embrión y cotiledones) donde se acumula el aceite. Altas temperatura reducen el peso final del grano al reducir la duración del período de llenado. Los máximos pesos se logran en un rango de temperaturas medias diarias relativamente bajas (12 a 22 °C). Una mayor intercepción de radiación (área foliar verde) durante el llenado de grano tiene un efecto positivo sobre tanto por prolongar la duración de esta etapa como por mejorar la tasa de acumulación de peso en el grano, (Díaz *et al* 2003).

Algunos atributos de la semilla, como tamaño y contenido de aceite, aun cuando son caracteres reproductivos de post-polinización normalmente se estudian como propiedades del genotipo materno al igual que cualquier otro tejido no reproductivo. Sin embargo, la cubierta seminal es producto directo del genotipo diploide materno, el endospermo (cuando presenta) tiene dos dosis de genes maternos y una de genes paternos, y el embrión es un producto diploide de gametos maternos, (Lynch y Walsh, 1997).

Josep (2003) señala que la Información nutricional de las semillas de girasol es la siguiente: 8,5 gr de hidratos de carbono; 47 gr de grasas saturables; 28 gr de proteína; 22 mg de vitamina E.; 730 mg de potasio; 100 mg de calcio; 595 mg de fosforo; 395 mg de magnesio.

2.7 Contenido de Aceite y Proteína

El girasol se cultiva como planta oleaginosa y ornamental. Por la naturaleza de sus compuestos las oleaginosas se cultivan para consumo humano como es el caso de *Helianthus tuberosum* por sus tubérculos ricos en inulina, así mismo la especie *H. annuus*, es rica en aceite de excelente calidad, además de que también puede ser utilizada como planta forrajera rica en proteína (González 1969).

La composición de ácidos grasos del aceite determina su uso como un aceite industrial o comercial (Osorio et al. 1995).

La composición de los ácidos grasos del aceite varía entre las distintas especies. Algunas poblaciones de *H. annuus* y *H. argophyllus* presentan mayor contenido de ácido oleico. *H. petiolaris* es rico en ácidos linoleico y oleico y su harina contiene el doble de lisina que la del girasol cultivado, (Cantamutto y Poverene 2002).

El aceite de girasol es considerado de alta calidad debido a que presenta una baja proporción de ácidos grasos saturados comparado con otras especies. Alrededor del 90% de los ácidos grasos del girasol corresponden a los ácidos oleicos y linoleico y presenta sólo trazas de ácido linolénico. A su vez el aceite de girasol presenta altas concentraciones de antioxidantes naturales, principalmente el alfa tocoferol, el cual cumple una importante actividad como vitamina E, (Izquierdo 2007).

El aceite de girasol es considerado de alta calidad por presentar un bajo porcentaje de ácidos grasos saturados y un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados. Además, contiene ácidos grasos esenciales y una considerable cantidad de tocoferoles que le confiere estabilidad, (Díaz *et al* 2003).

En girasol, y en otras especies, existen genotipos que potencialmente producen diferente calidad de aceite como por ejemplo alto oleico, alto saturado, etc. Por otro lado, las condiciones ambientales que ocurren durante el llenado de los granos, ya sea por cambios ambientales o producto de prácticas de manejo,

puede producir importantes diferencias en la calidad del aceite cosechado. Conociendo cuales son los factores ambientales que más afectan la calidad del aceite es posible diseñar prácticas de manejo tendientes a obtener la calidad del aceite deseado, (Izquierdo 2007).

La cualidad más importante del aceite de girasol es su alto contenido de vitamina E y ácidos grasos no saturados los cuales son esenciales para el cuerpo humano (Josep 2003), También proporciona la siguiente Información nutricional del aceite: 64 % de ácidos grasos monoinsaturados; 23 % de ácidos poliinsaturados; 12 % de ácidos saturados; 50-60 % de ácido linoleico; 15 al 20 % de ácido oleico.

La concentración de aceite en el grano varía entre 48 y 54%. La variación entre cultivares se atribuye a diferencias en la proporción de pericarpio (cáscara) y en la concentración de aceite en la semilla. En general, los cultivares con granos de pericarpio negro presentan una mayor concentración de aceite que los estriados. Al acortarse la duración del período de llenado de granos se reduce la concentración de aceite. La concentración de proteínas varía entre 15 y 19%, correspondiendo los valores mayores a una menor concentración de aceite, (Díaz *et al* 2003).

Thompson *et al* (1979) encontraron alta influencia materna en la concentración de aceite en la semilla. En un estudio con rábano silvestre

(*Raphanus sativus* L.) se determinó que el donador de polen nunca contribuyó con más de 2% a la variación en crecimiento y tamaño de la semilla (Nakamura y Stanton 1989).

En un experimento llevado a cabo en el campo experimental de la UAAAN en Saltillo, Coahuila, bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron las variedades SAN-3C, Gordis y SANE 1278 (mejoradas en la UAAAN) y la RIB 77 (testigo). Las variables evaluadas fueron: peso seco, rendimiento de grano, contenido de aceite, concentración y composición de ácidos grasos de la semilla y contenido de proteína, además de variables morfológicas. Los resultados mostraron que la variedad SAN-3C presentó el más alto rendimiento de grano (2.3 t/ha). El contenido de aceite analizado en cosecha fluctuó de 25% a 40%. La composición de ácidos grasos de la semilla de girasol dependió de la variedad. La concentración del ácido linoléico fue menor que la del aceite comercial pero más alto que el 62% requerido para la margarina. Los resultados mostraron que las variedades de girasol mejoradas en la UAAAN tienen calidad comercial, (Jasso *et al* 2003).

En estudios llevados a cabo en el norte de Australia, la siembra de girasol en el mes mayo con la variedad "Hysun 30" de madurez tardía mostró un rendimiento de 2,3 ton/ha pero la calidad y el contenido del aceite fueron más altos en el siembra de abril, (47% y 57% respectivamente). Las fechas de abril y julio

tuvieron rendimientos de grano aceptables, 1.8 y 2.0 t/ha respectivamente y el contenido de aceite varió de 45% a 47%, (Keefer *et al.*, 1976; Garside, 1984).

Haro *et al.*, (2007), estudiaron dos materiales de girasol cultivado ('Primavera' y 'AN-3'), una sub especie silvestre (*Helianthus annuus* ssp. *Texanus*, 'Ac8') de bajo contenido de aceite, así como sus cruzamientos intersubespecíficos, con el fin de someter a prueba la suposición de que el contenido de aceite en la semilla tiene un determinación materna. Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre aquenios procedentes de cruzamientos recíprocos, mientras que en los cruzamientos individuales el porcentaje de aceite no fue diferente ($P > 00.5$) de sus progenitores maternos respectivos. En todos los casos, el contenido de aceite se redujo cuando el girasol silvestre actuó como hembra, lo que demuestra que el contenido de aceite en la semilla esta determinado por herencia materna. Por lo tanto, la presencia de la su especie silvestre cerca de lotes de producción de girasol cultivado no afectaría el porcentaje de aceite en la semilla cosechada, el control de la polinización no es necesario.

En Navidad N.L. se evaluó el contenido de aceite y proteína en siete poblaciones silvestres y la variedad primavera de girasol cultivado. El contenido de proteína varió de 14.92 a 15.97 % en silvestres y en la variedad cultivada fue de 20.20 %. Además el porcentaje de aceite en las poblaciones silvestres de Saltillo y Ramos Arizpe, Coahuila fue de 24, igual que para el cultivado. Se concluye que

las poblaciones silvestres pueden incrementar la variabilidad genética en el girasol cultivado, pero no el contenido de aceite, (Mendoza *et al*, 2003).

Goyne *et al.* (1979) especifica que es necesario conocer la acumulación del ácido linoléico del aceite para establecer las relaciones entre contenido de aceite, calidad, y temperatura.

A diferencia del contenido de aceite, la determinación genética de las concentraciones de ácidos grasos no presenta un patrón de altos efectos maternos. En tres líneas mutantes de girasol se encontró que el genotipo del embrión determinó el contenido de ácido esteárico y palmítico, y que en todos los casos la F₁ intermedia con ausencia de efectos maternos (Miller y Vick, 1999).

En el caso del ácido esteárico, Pérez-Vich *et al.* (2002) observaron determinación predominante del genotipo del embrión, un leve efecto materno y ausencia de efectos citoplasmáticos. Se han observado resultados similares para otros ácidos grasos en otras especies (Narvel *et al.*, 2000; Rojas-Barros *et al.*, 2005). Esto indica que en el mejoramiento genético para balance de los ácidos grasos debe tomarse en cuenta el efecto del sonador del polen.

2.8 El Girasol Silvestre

El girasol silvestre se ha empleado en la alimentación humana y como ornamental. Sin embargo, se considera que el rol más importante que ha tenido es en el mejoramiento del girasol cultivado. La producción comercial del girasol híbrido en todo el mundo ha sido posible porque las especies silvestres han proporcionado el mecanismo genético que posibilita dicha producción. Esto ha determinado que los rendimientos de aceite por hectárea hayan aumentado en forma notable en los últimos 25-30 años, (Rodríguez 2004).

El aceite de girasol se compara con el de algodón, soya o cártamo en sus propiedades nutritivas. El girasol silvestre (*H. annuus*) pariente del cultivado, contiene en la semilla de 13 a 30% de aceite (Seiler, 1984) y de 9 a 24 % de proteína (Stanojevic, *et al.*, 1992). Mientras el cultivado puede tener cantidades mayores al 42 % en híbridos comerciales (Mogali and Virupakshappa, 1994).

Existen siete especies anuales y veintidós perenes de los girasoles silvestres en la colección de Novi Sad Oilcrops Department. Estos han sido utilizados por su alta variabilidad la cual ha sido confirmada por el análisis de agrupamientos de las características morfológicas (Schiling and Heiser, 1981), el cual también mostró relaciones poligenéticas dentro del genero *Helianthus*.

2.9 Heterosis

El vigor híbrido o heterosis que se muestra al cruzar líneas consanguíneas entre si indujo a los primeros mejoradores de plantas a utilizar dicho fenómeno como un instrumento en la mejora de plantas. Lo que se pretende con el cruzamiento de líneas consanguíneas es obtener híbridos superiores a la población original (Lacadena 1970).

El vigor híbrido o la heterosis, se manifiesta como la superioridad del híbrido, producto de cruzar líneas consanguíneas entre sí. La heterosis es más fácilmente observable en los híbridos entre líneas homocigóticas de plantas alógamas, en el maíz, es relativamente fácil y económica la formación de híbridos y explotación de la heterosis, porque la situación de la inflorescencia masculina en la planta facilita la castración. En otras plantas alógamas y en todas las autógamias, se presentan problemas prácticos para la obtención de semilla híbrida a precios razonables. Lo que se pretende con el cruzamiento de líneas consanguíneas es obtener híbridos superiores a la población original. Sabemos que si se toman al azar, en una población alógama, un cierto número de plantas, se obtienen por autofecundación las consiguientes líneas consanguíneas y si cruzan entre sí al azar, los resultados medios obtenidos no supondrán ningún avance sobre la media de la población inicial, puesto que se ha vuelto a reconstruir la primitiva estructura génica de la población, (Ramírez 2006).

Cuando se cruzan dos líneas puras (homocigóticas) generalmente se obtiene una descendencia que es superior en casi todas las características morfológicas y fisiológicas. Este fenómeno, descrito como heterosis por *Shull* (1914), estaría dado por la reaparición de la heterocigosidad en los genes que estaban al estado homocigótico en las líneas puras. En los cruzamientos entre líneas altamente consanguíneas o puras se alcanzan niveles elevados de producción, tanto en vegetales como maíz, sorgo y girasol. Presentar heterosis significa presentar superioridad en cuanto a determinadas características con respecto a la media de los padres o más específicamente con respecto al mejor parental. El maíz fue el primero que se obtuvo allá por el año 1921, pero posteriormente se fueron obteniendo en otras plantas, especialmente en hortícolas, además de los híbridos de girasol en 1972, de trigo en 1969, arroz en 1972 y sorgo granífero en 1955, (Librogen 2004).

Jugenheimer (1990) señala que la heterosis se manifieste principalmente en las plantas de la generación F_1 provenientes de las semillas. 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.

Kaya (2005) explica que el incremento en los rendimientos de semilla y aceite por la utilización de la heterosis es la meta principal de la mayoría de los programas de selección de girasol. En un trabajo realizado con híbridos se

evaluaron cuatro componentes de rendimiento importantes, rendimiento de semilla, heterosis estándar y regular y heterobeltiosis. Las investigaciones fueron realizadas en los años 2000 y 2001 en las condiciones de la localidad de Edirne, Turquía. Sobre la base de las observaciones hechas, el rendimiento de la semilla de los híbridos cambió de 37 a 245 kg ha⁻¹; el rendimiento de aceite de 17,6 a 118,8 kg ha⁻¹; el contenido de aceite de 38,0 a 50,8%; el contenido de vaina de 19,2 a 27,1%. Los valores más altos de heterosis (288,3%) y de heterobeltiosis (98%), fueron obtenidos para el rendimiento de aceite y de heterosis estándar (21.2%) para el rendimiento de la semilla. Los valores más bajos de heterosis (-19.3%) y de heterobeltiosis (-22.4%) fueron obtenidos para el contenido de la cascara, y el más bajo heterosis estándar (-22.0%) fue obtenido para el rendimiento de aceite. El mejor rendimiento de las propiedades estudiadas, demostró la undécima combinación (2453-A × 2644-R). Entre las líneas consanguíneas investigadas, los híbridos con la línea 2453-A como madre, y línea 2644-R como padre, tenían incrementada potencia híbrida en relación con los demás híbridos.

2.9 Aptitud Combinatoria (AC)

La Aptitud Combinatoria es la capacidad de un genotipo (línea consanguínea, individuo o clon) o de una población, de dar descendencia híbrida caracterizada por la alta expresión de un carácter. La A.C. mide la capacidad para producir heterosis en ciertos caracteres y se mide evaluando el comportamiento del genotipo o población en todos los cruzamientos posibles, (Ramírez 2006).

La Aptitud Combinatoria General es la capacidad que tiene una línea consanguínea, un individuo o un clon para dar descendencias caracterizadas por la elevada expresión de un carácter o grupo de caracteres. El mérito de la descendencia se mide bajo condiciones ambientales determinadas, y el carácter en cuestión muestra los efectos de influencia maternal, entonces el mérito de la descendencia es una función de la A. C. y la Aptitud maternal (Lacadena 1970).

El termino Aptitud Combinatoria significa la capacidad que tiene n individuo o una población, de combinarse con otros, medida por medio de su progenie. Sin embargo la Aptitud Combinatoria debe determinarse no solo en el individuo de la población si no en varios, a fin de poder seleccionar aquéllos que exhiban la más alta aptitud combinatoria, (Márquez 1988).

2.10 Aptitud Combinatoria General (A.C.G.) y Específica (A.C.E.)

Sprague y Tatum citados por Hallauer y Miranda (1981), introdujeron los conceptos de Aptitud Combinatoria General (A.C.G.) y Específica (A.C.E.) de la siguiente manera: A.C.G. es el comportamiento promedio de una línea en la formación de híbridos y A.C.E. se usa para designar aquellas combinaciones que se comportan mucho mejor o mucho peor que lo esperado en virtud del comportamiento de los progenitores.

Si el genotipo produce buenos híbridos en todos los cruzamientos en que entra se dice que tiene buena Aptitud Combinatoria General (A.C.G.). Si sólo es

con determinados genotipos se dice que tiene buena Aptitud Combinatoria Específica (A.C.E.). La Aptitud Combinatoria es hereditaria, (Ramírez 2006).

Preciado *et al* (1997), reportaron para híbridos de maíz precoces subtropicales que los efectos de Aptitud Combinatoria General y Específica mostraron significancia para las variables de rendimiento, días a floración y periodo de llenado de grano más largo. Encontraron variación suficiente para seleccionar genotipos con periodos vegetativos más vegetativos más cortos y periodos de llenado de grano más largo. Los efectos de ACG y ACE para llenado de grano constituyen un criterio importante en la selección de progenitores de híbridos precoces.

La endogamia en girasol fue utilizada en la Unión Soviética para desarrollar líneas con mejor porcentaje de aceite, tallo fuerte, resistencia a plagas y enfermedades. Los mejoradores descubrieron que la endogamia tenía un gran valor para desarrollar líneas con características deseables para subsecuentes cruzamientos para producir variedades sintéticas o híbridos interlineales, (Fick 1978).

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 16 cruzas F1, 4 progenitores machos y 4 progenitores hembras, los cuales se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 3.1. Genotipos de girasol cultivado, silvestre y sus cruzas.

♀/♂	II	III	VI	VIII
7	7xII	7xIII	7xVI	7xVIII
51	51xII	51xIII	51xVI	51xVIII
54	54xII	54xIII	54xVI	54xVIII
60	60xII	60xIII	60xVI	60xVIII

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 en las plantas.

3.5 Formación de Híbridos F_1

Del material incrementado del ciclo anterior (2005) se seleccionaron 60 líneas considerando las siguientes características más sobresalientes e importantes: uniformidad, vigor y porte. Estas líneas se establecieron en el ciclo primavera verano del año 2006 en el campo experimental de la UAAAN, de las

cuales se seleccionaron nuevamente plantas de acuerdo a las siguientes características mas sobresalientes e importantes: uniformidad, vigor y porte, en esta selección se tomaron cuatro líneas de girasol cultivado y cuatro de girasol silvestre, de los cuales se considero al girasol cultivado como progenitor Hembra y al girasol silvestre como progenitor Macho, al mismo tiempo se realizaron autofecundaciones tomando una sola planta de cada progenitor para continuar generando endogamia en las líneas parentales.

Para la realización de las cruzas se emascularon cada una de las cuatro líneas de girasol cultivado, esta actividad se realizo por las mañanas antes de que las anteras del capítulo empezara a liberar el polen y de esa manera el capítulo fuera fecundado con su mismo polen y por la viabilidad del polen del girasol silvestre que el cual funcionaba como macho, las polinizaciones se realizaron manualmente, el polen de cada línea del progenitor macho se recolectaba con una brocha y se colocaba en cajas petri, y de esta manera se trasladaba hacia el progenitor hembra. Las cajas petri se identificaron con el número del macho y las brochas después de ser utilizadas en cada línea se desinfectaban sumergiéndola en alcohol al 100%.

3.6 Evaluación de Híbridos F₁

En año 2007 se establecieron 4 líneas de girasol cultivado, 4 líneas silvestres y 16 genotipos F₁ provenientes de las cruzas realizadas 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 de manera manual el 23 de Marzo del 2007 en el campo experimental de la UAAAN, depositando tres semillas por golpe, a una distancia de 0.40 metros entre planta y planta y 0.75 metros entre surcos.

3.9 Toma de Datos

Esta se realizo de acuerdo a la distribución de los genotipos, se tomaron datos de seis plantas con competencia completa, la cosecha se realizo de forma manual, colocando los capítulos en bolsas de papel identificadas con el numero de parcela y sus respectivos padres.

3.10 Variables registradas

Se realizó 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 estimó en días desde la siembra hasta que el 75% de las plantas por parcela presento el botón floral.

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.

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.

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.

Rendimiento (REND). Se tomaron como base tres capítulos por cada parcela, los cuales después de ser desgranados se mezclaron y se pesaron.

Aceite (ACEITE). Para estas características se mandaron a analizar al laboratorio 25 gramos de semilla de cada muestra.

3.10.2 Variables Cualitativas

Presencia de Resina (PR). Aquí se contabilizaron cuantas plantas de las seis evaluadas tenían de resina en el capítulo y cuantas no tenían resina.

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 realizo 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,...m (machos); J = 1,2,...h (hembras) y k = 1,2,...r(repeticiones).

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

μ : es el efecto de la media general.

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

M_iH_j : es el efecto de la interacción del *i*-ésimo macho, con la *j*-ésima

Hembra.

H_j : es el efecto de la *k*-ésima hembra.

ε_{ijk} : es el error experimental.

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

F.V	GL	SC	C.M	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 ₄	$\sigma^2 e + r\sigma^2 HM + hr\sigma M$
H	h - 1	$\frac{\sum_{i=1}^h y^2_{i..}}{mr} - \frac{y^2_{...}}{hmr}$	M ₃	$\sigma^2 e + r\sigma^2 HM + mr\sigma^2 H$
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 ₂	$\sigma^2 e + r\sigma^2 HM$
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 ₁	$\sigma^2 e$
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 (1941).

$$g_i = \bar{Y}_i - \bar{Y}..$$

$$g_j = \bar{Y}_j - \bar{Y}..$$

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

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 craza *i* x *j*.

$\bar{Y} \dots$: Es la media de todas las *i* x *j* cruzas.

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

1.- Varianza del Error (σ^2_e).

$$M_1 = \sigma^2_e$$

2.- Varianza genética aditiva (σ_A^2).

$$\sigma_A^2 = 4\sigma^2_H$$

3.- Varianza genética de dominancia (σ_D^2).

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

4.- Varianza fenotípica (σ_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:

σ^2_m = Varianza de machos.

σ^2_h = Varianza de hembras.

σ^2_{mh} = Varianza de machos por hembras.

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

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

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

Para las correlaciones simples se utilizó la siguiente fórmula:

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

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 valores de los cuadrados medios para las siete variables evaluadas en cruzas de girasol cultivado por silvestre.

Se observa que el factor macho mostró diferencia significativa al 5% de probabilidad en las variables DEM y REND, en tanto que para las variables NH, DIC y ACEITE fueron significativas al 1%. Lo cual indica que los machos difieren su capacidad a emergencia, rendimiento, número de hojas y diámetro interno de capítulo, así como el contenido de aceite. Para el caso de las hembras, la significancia del 5 por ciento se observó en la variable PR y significativo al 1 por ciento para DAB, NH, DIC, REND y ACEITE las cuales aportan variación para éstas características. Para la interacción (M*H) las variables DIF y PR fueron significativas, en tanto NH, DIC, REND y ACEITE resultaron ser altamente significativas. Lo anterior indica que en éstas variables los híbridos mostrarán un efecto de tipo heterótico.

Los coeficientes de variación que se obtuvieron en las diferentes variables estuvieron dentro un rango de 2.860 a 14.831 por ciento, dentro de estas las que tienen los más bajos valores son ACEITE 2.860, DAB 3.162, DIF 3.710, DFF 4.565, PR 8.129, NH 7.236, mientras DEM, REND y DIC se ubican en 12.821,

13.082 y 14.831 por ciento respectivamente; la mayoría de estos coeficientes son bajos y por lo tanto indican una alta confiabilidad en los mismos (Falconer, 1978).

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

FV	GL	DEM	DAB	DIF	DFF	PR	NH	DIC	REND	ACEITE
Rep	1	0.125	5.281	18.467*	61.416*	0.098	15.035	4.617	0.000	0.174
M	3	3.375*	3.281	1.182	2.923	0.022	18.587**	2.965**	0.020*	135.486**
H	3	2.042	15.031**	3.776	8.258	0.267*	52.614**	0.565**	0.068**	13.784**
M*H	9	0.847	5.448	6.955*	7.616	0.125*	13.554**	2.257**	0.083**	40.748**
Error	15	0.735	2.215	2.388	2.953	0.044	3.420	0.321	0.005	0.815
Total	31									
CV %		12.821	3.162	3.710	4.565	8.129	7.236	14.831	13.082	2.860

*, **= 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; **PR**=Presencia de Resina; **NH**= Numero de Hojas; **DIC**= Diámetro Interno del Capítulo.

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 de la característica DEM fue de 89 por ciento esto se refleja en la magnitud de la heredabilidad tanto en sentido amplio (H^2) y estrecho (h^2) para esta variable. Con lo anterior se muestra que esta variable (DEM) es altamente heredable, y susceptible de avances genéticos importantes por selección recurrente, el resto de las variables tiene una contribución baja de la varianza aditiva, pues la h^2 no supera el 50%, lo cual indica que el efecto no-

aditivo es mas importante. La H^2 oscilo de 85 a 100 porciento, en tanto que la h^2 fue de 0 a 76 porciento.

Respecto a la varianza de dominancia en el Cuadro 4.2, al parecer fue la más importante en las variables DAB, DIF, DFF, NH, DIC, REND y ACEITE. 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 variables DAB, DIF, DFF, NH y DIC uno o dos de los factores (M y/o H) tienen una varianza aditiva de cero. Por lo tanto el grado de dominancia (\hat{d}) también se sobreestima. Por esta razón, es probable que para estas variables lo mejor sea realizar una selección recíproca recurrente para un programa de mejoramiento genético. En el caso de NH y ACEITE los valores indican que en esta variable puede ser aprovechado el proceso de hibridación; en cambio para DEM la alta σ^2_A permite mejorar por medio de selección recurrente □

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

Variabales	DEM	DAB	DIF	DFF	DP	NH	DIC	REND	ACEITE
σ^2_A	1.86	2.40	0.00	0.16	0.04	11.02	0.18	0.00	23.68
σ^2_D	0.22	6.47	9.13	9.33	0.16	20.27	3.87	0.16	79.87
σ^2_A (%)	0.89	0.27	0.00	0.02	0.18	0.35	0.04	0.00	0.23
σ^2_e	0.74	2.21	2.39	2.95	0.04	3.42	0.32	0.00	0.82
σ^2_p	2.82	11.08	11.52	12.44	0.24	34.71	4.37	0.16	104.36
D	0.49	2.32	0.00	10.78	3.02	1.92	6.61	0.00	2.60
H²	0.85	0.89	0.88	0.87	0.90	0.95	0.96	0.99	1.00
h²	0.76	0.24	0.00	0.01	0.16	0.33	0.04	0.00	0.23

σ^2_A : Varianza Aditiva, σ^2_D Varianza de Dominancia, σ^2_A (%) por ciento de Varianza Aditiva, σ^2_e : Varianza del error, σ^2_p : varianza fenotípica, **d**: grado de dominancia, **H²**: Heredabilidad en sentido amplio, **h²**: heredabilidad en sentido estrecho.

4.3 Aptitud Combinatoria General (ACG)

El macho II presento dos valores positivos significativos para las variables DEM y PR y negativos para DIC, REND y ACEITE, mientras que el macho III presento valores positivos significativos para NH, REND y ACEITE, en el caso del macho VI se observaron valores positivos para las variables DIC y ACEITE y negativos para DEM, PR y REND. Respecto al macho VIII presento valores positivos significativos para las variables DIC y ACEITE y uno negativo para PR. El macho VI contrasta con el macho II, ya que el primero hereda en sentido negativo para DEM y PR y positivo para DIC y ACEITE en tanto el macho II hereda positivamente para DEM y PR y negativamente para DIC y ACEITE lo cual coincide en lo expuesto por Ortiz, (1989).

La hembra 7 presento seis valores positivos significativos para las variables DAB, PR, NH, DIC, REND y ACEITE mientras que para la variable DEM solo presento un valor negativo; la hembra 51 presento un valor positivo significativo para la variable PR y para DIC, REND y ACEITE presento valores negativos, mientras en la hembra 54 sucedió lo contrario ya que presento un valor positivo significativo para DIC y REND y valores negativos para PR y ACEITE. En relación a la hembra 60 presento un valor positivo significativo para la variable DEM y cinco valores negativos para las variables PR, NH, DIC, REND y ACEITE. La hembra 7 contrasta con la 60 en las variables DEM, PR, NH, DIC, REND y ACEITE; en tanto la 51 contrasta con la 54 en PR, DIC y REND ya que en las variables en las cuales una hembra es positiva, la otra tiende a ser negativa y viceversa.

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

M	DEM	ACG	DAB	ACG	DIF	ACG	DFD	ACG	PR	ACG	NH	ACG	DIC	ACG	REN	ACG	ACIT	ACG
II	7.37	0.68*	41.62	-0.09	55.58	-0.38	61.12	-0.88	0.54	0.07*	20.62	-1.81	8.33	-0.85*	0.49	-0.03*	25.67	-5.90*
III	6.50	-0.19	41.12	-0.59	55.87	-0.09	62.25	0.25	0.47	0.00	24.35	1.92*	9.27	0.09	0.53	0.01*	32.26	0.69*
VI	5.88	-0.81*	42.62	0.91	55.87	-0.09	62.12	0.12	0.45	-0.02*	22.41	-0.02	9.37	0.19*	0.47	-0.05*	35.15	3.58*
VIII	7.00	0.31	41.50	-0.21	56.50	0.55	62.50	0.50	0.41	-0.06*	22.33	-0.10	9.77	0.59*	0.59	0.07*	33.21	1.64*

H	DEM	ACG	DAB	ACG	DIF	ACG	DFD	ACG	PR	ACG	NH	ACG	DIC	ACG	REN	ACG	ACIT	ACG
7	6.00	-0.69*	43.75	2.03*	55.08	-0.88	60.74	-1.26	0.70	0.23*	25.50	3.07*	9.39	0.21*	0.55	0.03*	33.50	1.93*
51	6.62	-0.07	41.12	-0.60	55.87	-0.09	61.62	-0.38	0.52	0.05*	20.77	-1.66	8.97	-0.21*	0.51	-0.01*	31.14	-0.44*
54	7.00	0.32	41.25	-0.47	56.75	0.80	63.00	1.01	0.37	-0.10*	23.54	1.11	9.43	0.25*	0.61	0.09*	31.09	-0.49*
60	7.12	0.44*	40.75	-0.97	56.12	0.16	62.62	0.62	0.29	-0.18*	19.90	-2.53*	8.93	-0.25*	0.40	-0.12*	30.57	-1.01*
Medias	6.69		41.72		55.96		62.00		0.47		22.43		9.18		0.52		31.57	
DMS	0.39		1.18		1.27		1.57		0.02		1.82		0.17		0.00		0.43	

*: Significativo al 0.05 de probabilidad.

4.4 Aptitud Combinatoria Específica (ACE)

En el cuadro 4.4 se muestra la ACE de las cruzas evaluadas, donde en general todas mostraron valores significativos tanto positivos y/o negativos, para una o mas características, resaltando las cruzas 60xII y 60xVI con ocho valores significativos, y 54xVI con siete, las cuales coinciden casi en las mismas variables que las cruzas 60xII y 60xVI, a excepción de la ausencia de significancia en DAB.

En la craza 60xII, ambos padres poseen valores positivos y negativos de las cuales la hembra 60 tiene cinco valores negativos y un positivo y el macho II tiene dos valores positivos y tres negativo de ACG, lo que se refleja en la craza ya que presento todos sus valores positivos para las variables DAB, DIF, DFF, NH, DIC y REND lo cual indica que esta craza es de naturaleza mas tardía y por consiguiente tarda más días para iniciar y terminar su floración, con una mayor cantidad de hojas y diámetro de capitulo mas grandes, lo cual es importante para rendimiento en grano, aunque también repercute en el contenido de ACEITE. La craza 60xVI presentó siete valores negativos significativos en la variables DAB, DIF, DFF, PR, NH, DIC y REND en ACE, esto indica que disminuyen cuantitativamente sus atributos como menos días a floración, menos duración de la flor, menor número de hojas y menor rendimiento de grano, pero repercute en un valor positivo de ACEITE. La craza 54xVI presenta valores significativos positivos para las siete características mencionadas, al contrario de las dos cruzas anteriores destaca que los valores positivos de DIF, DFF, PR, NH, DIC y REND también determinan un valor positivo para ACEITE.

Cuadro 4.4 Efectos de Aptitud Combinatoria Especifica de cruza de girasol para nueve variables evaluadas.

CRUZA	DEM	ACE	DAB	ACE	DIF	ACE	DFF	ACE	PR	ACE	NH	ACE	DIC	ACE	REND	ACE	ACIT	ACE
7xII	7.00	0.31	43	-0.66	52.3	-2.41*	57.4	-2.46*	0.8	0.07	23.7	0.04	8.2	-0.30	0.35	-0.17*	31.2	3.63*
7xIII	6.00	0.18	42.5	-0.66	56	1.00	62	1.01	0.5	-0.16	27	-0.39	9.7	0.26	0.66	0.10*	30.4	-3.76*
7xVI	5.00	-0.19	46	1.34	56	1.00	62	1.14	0.6	-0.04	25.4	-0.05	9	-0.54	0.66	0.15*	36.7	-0.43
7xVIII	6.00	-0.32	43.5	-0.04	56	0.37	61.5	0.26	0.7	0.10	25.7	0.33	10.5	0.56	0.55	-0.08*	35.7	0.56
51xII	6.50	-0.81	40.5	-0.53	56	0.50	60.5	-0.24	0.4	-0.15	17.7	-1.23	6.6	-1.48*	0.38	-0.11*	25.5	0.24
51xIII	6.50	0.06	40	-0.53	55.5	-0.29	62	0.13	0.7	0.22*	23.5	0.84	9.9	0.88*	0.49	-0.03	37.8	5.94*
51xVI	6.50	0.69	42	-0.03	55	-0.79	62	0.26	0.5	0.04	19.6	-1.12	10	0.88*	0.33	-0.14*	27.1	-7.63*
51xVIII	7.00	0.06	42	1.09	57	0.58	62	-0.12	0.4	-0.02	22.1	1.46	9.2	-0.32	0.85	0.27*	34.2	1.45*
54xII	7.50	-0.19	40	-1.16	55.5	-0.88	61.5	-0.62	0.1	-0.30*	18.3	-3.40*	8.6	0.06	0.57	-0.01	23.1	-2.05*
54xIII	7.50	0.68	42	1.34	56.5	-0.17	62.5	-0.75	0.2	-0.13	24.9	-0.53	8.5	-0.98*	0.65	0.03	32.9	1.16*
54xVI	5.50	-0.69	43.5	1.34	59	2.33*	65	1.88*	0.6	0.29*	26.9	3.41*	10.2	0.62*	0.75	0.18*	37.2	2.55*
54xVIII	7.50	0.18	39.5	-1.54	56	-1.30	63	-0.50	0.4	0.13	24	0.59	10.3	0.32	0.49	-0.19*	31.1	-1.66*
60xII	8.50	0.69	43	2.34*	58.5	2.75*	65	3.26*	0.7	0.38*	22.6	4.54*	9.7	1.66*	0.66	0.29*	22.8	-1.82*
60xIII	6.00	-0.94*	40	-0.16	55.5	-0.54	62.5	-0.37	0.3	0.05	21.9	0.11	8.9	-0.08	0.30	-0.10*	27.9	-3.35*
60xVI	6.50	0.19	39	-2.66*	53.5	-2.54*	59.5	-3.24*	0	-0.23*	17.6	-2.25*	8	-1.08*	0.16	-0.19*	39.7	5.51*
60xVIII	7.50	0.06	41	0.46	57	0.33	63.5	0.38	0	-0.19	17.4	-2.37*	9	-0.48	0.47	0.00	31.9	-0.34
Medias	6.69		41.72		55.96		61.99		0.43		22.39		9.14		0.52		31.57	
DMS		0.91		1.59		1.65		1.83		0.22		1.97		0.60		0.07		0.96

4.4 Heterosis

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

Se puede observar que a excepción de las variable PR, REND y ACEITE donde se detectaron valores altos de heterosis y heterobeltiosis, en el resto no rebaso el 20%, que de acuerdo a Vasal y Cordoba (1996) son de magnitud baja Respecto a la presencia de resina (PR) los valores de heterosis fueron de 29.0, 26.1, 41.4, 46.3 y 68.6 en las cruzas 7xII, 7xVIII, 51xIII, 54xVI y 60xII; en tanto que para heterobeltiosis 34.6, 33.3 y 29.6 en las cruzas 51xIII, 54xVI y 60xII, y para la característica de rendimiento de grano (REND) los valores de heterosis son de 23.03, 27.46, 54.38, 37.69 y 48.49 en las cruzas 7xIII, 7xVI, 51xVIII, 54xVI y 60xII; mientras que para la heterobeltiosis se encontraron los valores de 44.62, 21.99 y 34.17 que corresponden a las cruzas 51xVIII, 54xVI y 60xII respectivamente; en la variable ACEITE el valor de heterosis es del 20.68 para la cruz 60xVI. Cabe resaltar que en la variable (PR) se observaron los valores mas altos negativos de heterosis y heterobeltiosis, resaltando las cruz 54xII con valores de -78.0 y -81.5 para ambos casos de heterosis.

En las cruzas 60xVI y 60xVIII no se encontró heterosis ni heterobeltiosis pues los porcentajes para ambos fueron de 0.0 porciento. En el resto de los datos, los porcentajes de heterosis fueron de menor magnitud.

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

Cruza	DEM		DAB		DIF		DFF		PR		NH		DIC		REND		ACEITE	
	H	h'	H	h'	H	h'	H	h'	H	h'	H	h'	H	h'	H	h'	H	h'
7xII	104.71	94.98	100.74	98.29	94.52	94.10	94.21	93.91	129.03	114.29	102.78	92.94	92.55	87.33	67.36	63.49	105.56	93.22
7xIII	96.00	92.31	100.15	97.14	100.95	100.23	100.82	99.60	85.47	71.43	108.32	105.88	103.97	103.30	123.03	119.82	92.54	90.83
7xVI	84.21	83.33	106.52	105.14	100.95	100.23	100.93	99.81	104.35	85.71	106.03	99.61	95.95	95.85	127.46	118.22	106.77	104.27
7xVIII	92.31	85.71	102.05	99.43	100.38	99.12	99.81	98.40	126.13	100.00	107.46	100.78	109.60	107.47	95.62	92.93	107.03	106.56
51xII	92.92	88.20	97.90	97.31	100.49	100.23	98.58	98.18	75.47	74.07	85.53	85.22	76.30	73.58	75.53	73.88	89.68	81.81
51xIII	99.09	98.19	97.28	97.28	99.34	99.34	100.10	99.60	141.41	134.62	104.17	96.51	108.55	106.80	94.79	93.68	119.15	117.07
51xVI	104.04	98.19	100.31	98.55	98.44	98.44	100.21	99.81	103.09	96.15	90.78	87.46	109.05	106.72	67.20	64.64	81.71	77.05
51xVIII	102.79	100.00	101.67	101.20	101.45	100.88	99.90	99.20	86.02	76.92	102.55	98.97	98.19	94.17	154.38	144.62	106.36	103.04
54xII	104.38	101.76	96.54	96.11	98.82	97.80	99.10	97.62	21.98	18.52	82.88	77.74	96.85	91.20	103.79	93.37	81.51	74.41
54xIII	111.11	107.14	101.98	101.82	100.34	99.56	99.80	99.21	47.62	42.55	103.99	102.26	90.91	90.14	113.23	105.07	104.00	102.10
54xVI	85.44	78.57	103.73	102.06	104.78	103.96	103.90	103.17	146.34	133.33	117.08	114.27	108.51	108.17	137.69	121.99	112.36	105.87
54xVIII	107.14	107.14	95.47	95.18	98.90	98.68	100.40	100.00	102.56	97.56	104.64	101.95	107.29	105.42	81.32	79.57	96.62	93.53
60xII	117.32	115.33	104.41	103.32	104.74	104.24	105.06	103.80	168.67	129.63	111.55	109.60	112.40	108.62	148.49	134.17	81.23	74.73
60xIII	88.11	84.27	97.72	97.28	99.12	98.90	100.10	99.81	78.95	63.83	98.98	89.94	97.80	96.01	65.17	57.15	88.85	86.51
60xVI	100.04	91.29	93.56	91.51	95.54	95.33	95.40	95.02	0.00	0.00	83.20	78.54	87.43	85.38	36.76	33.74	120.68	112.81
60xVIII	106.23	105.34	99.70	98.80	101.23	100.88	101.50	101.41	0.00	0.00	82.41	77.92	96.26	92.12	94.71	79.29	99.91	95.93

4.6 Correlaciones

En el cuadro 4.6 se muestran los valores de correlación entre nueve variables tomadas entre cruces de girasol cultivado x silvestre.

Como puede observarse la variable DIF tiene una correlación altamente significativa con DFF; esto indica que la relación entre estas dos variables es demasiado estrecha ya que si una aumenta la otra lo hace en una magnitud similar, esto puede ayudar a realizar mejoramiento mediante la elección de una sola característica a medir, facilitando con ello el ahorro de recursos y tiempo ya que al seleccionar para DIF implícitamente estaremos seleccionando para DFF. En el caso de la variable PR presenta una correlación altamente significativa con la característica DAB; esto significa que entre más tarde en aparecer el botón floral más se parecerá al progenitor macho, tanto así que hereda también la característica de presencia de resina en el capítulo. En la variable NH se observó que tiene una correlación altamente significativa DAB y PR; la primera correlación indica, similarmente a la correlación anterior que las plantas tardías tienden a tener muchas hojas, fenómeno muy común en el caso de plantas tipo silvestres, y en la segunda correlación nos indica que si se tiene un mayor número de hojas habrá presencia de resina debido a que ha heredado principalmente al progenitor macho. En la variable DIC se observó que hubo significancia al 5%, ya que DIC se correlaciona directamente con PR y NH debido a que entre más grande sea el diámetro habrá presencia de resina, y mayor número de hojas, esto indica que los híbridos pudieran haber aportado el diámetro de capítulo y el número de hojas lo

cual se refiere a una cruce y por lo tanto ambas características se manifiestan visiblemente en la descendencia.

La variable (REND) rendimiento correlaciona positiva y significativamente con DAB, DIF, DFF y NH. Estas correlaciones están ampliamente documentadas en la literatura.

La única correlación significativa de la variable ACEITE fue con DEM, siendo esta negativa, esto indica que las plantas mas precoces en cuanto a emergencia pudieran determinar un mayor contenido de aceite, y viceversa.

Cuadro 4.6 Correlación fenotípica de nueve variables en estudio.

	DEM	DAB	DIF	DFF	PR	NH	DIC	REND	ACEITE
DEM	1.000	-0.179	-0.018	-0.031	-0.156	-0.234	-0.045	-0.055	-0.410*
DAB		1.000	0.212	0.172	0.509**	0.499**	0.109	0.439*	0.150
DIF			1.000	0.908**	0.041	0.201	0.131	0.545**	-0.107
DFF				1.000	-0.039	0.182	0.167	0.390*	-0.106
PR					1.000	0.519**	0.356*	0.291	0.038
NH						1.000	0.370*	0.477**	0.315
DIC							1.000	0.315	0.196
REND								1.000	0.060
ACEITE									1.000

(**) = altamente significativo $p < 1$ ($p < 0.01$) de probabilidad; (*) = significativo $1 < p < 5$ ($p < 0.05$) de probabilidad.

V. CONCLUSIONES

Se encontraron efectos heteróticos mayores al 20 por ciento en PR, REND y ACEITE. El resto de las demás variables mostraron baja magnitud.

Los factores hembra, y la interacción macho x hembra determinaron la mayor significancia para seis de las nueve variables evaluadas.

La sobre estimación de la varianza de dominancia indica que los efectos génicos aditivos son los más importantes para las variables evaluadas.

Para ACG las variables REND y ACEITE mostraron significancia para todos los progenitores.

Para todos los híbridos originados a partir del progenitor 7 se observó significancia en la variable de REND y para los híbridos del progenitor 54 en la variable ACEITE.

Los híbridos 7xII, 7xVIII, 51xIII, 54xVI y 60xII mostraron los valores más altos de heterosis para PR, el mismo caso se presentó para los híbridos 60xII, 7xIII, 7xVI, 51xVIII y 54xVI para la variable de REND. Para ACEITE solo el híbrido 60xVI presentó un valor de 20.68.

La característica que presentó más correlaciones fue REND con las variables DAB, DIF, DFF y NH.

VI. LITERATURA CITADA

- Agrolink. 2006. El girasol. <http://usuarios.lycos.es/agrolink/> . Consultada agosto 2007.
- Aguirre B. M. (1983). Evaluación de 240 familias de medios hermanos de girasol (*Helianthus annuus* L.) para diferentes características agronómicas. II estudio de parámetros genéticos y correlaciones. Tesis maestría en ciencias. UAAAN. Saltillo, Coahuila. México.
- Aguirrezábal, L. A. N., Orioli, G. A., Hernández, L. F., Pereyra V. R., Miravé, J. P. 1996. Girasol: Aspectos que Determinan el Rendimiento. INTA. Buenos Aires Argentina.
- ASERCA. 1995. El Girasol y su Participación Nacional en las Oleaginosas. Claridades Agropecuarias. No 15. ASERCA-SAGARPA. pp 4-10.
- ASERCA. 1998. Más allá de Nuestro Campo. Claridades Agropecuarias. No 59. ASERCA-SAGARPA. pp 22-32.
- ASERCA. 1999. El Girasol: una de las Oleaginosas de gran Importancia en el Mundo. Claridades Agropecuarias. No 72. ASERCA-SAGARPA. Pp 27-31.
- Burns, R.E. 1970. Head Size on Sunflower as an Indicator of Plot Yields. Crop. Sci. 61: 112-113.
- Cantamutto, M A. y M M Poverenne. 2002. Los Recursos Genéticos del Girasol Silvestre. Revista IDIA XXI. 3: 152-156.
- 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.
- Delgadillo, S, F. 1987. Guía para Cultivar Girasol en el Estado de Guanajuato. Folleto para Productores No 6. SARH-INIFAP-CIAFAEG. Celaya, Guanajuato. pp 15.
- Díaz Z, M., G. A. Duarte, E. Díaz. Z. 2003. El Cultivo del Girasol. ASAGIR. Buenos Aires, Argentina.

- Falconer D. S. 1985. Introducción a la Genética Cuantitativa. Trad. de la 1^a. 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/vertex.php?contenidoid=MTQ> (Revisado el 25 de Agosto del 2007).
- Fick, G N. 1978. Heritability of Soil Contain Sunflower Crop Sci. 15: 77-78.
- Fick, G. N. 1978. Breeding and Genetics. In Sunflower Science and Technology. The American Society of Agronomy. pp. 279-338. U.S.A.
- Garside, A.L. 1984. Sowing Cheats Effects on the Development, Yield and Oil Characteristics of Irrigated Sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Tropical semi-arid Australia. Austral. J. Expt. Agr. Anim. Husb. 24:110–119.
- Ghanavati, N, A., E. Nahavandi and A. Ghaderi. 1981. Breeding Sunflower for Semiarid Regions. J. Agric. Sci. : 447-450.
- González, P.M.R. 1969. Comparación del Rendimiento y Porciento de Aceite y Proteína de 20 Variedades de Girasol (*Helianthus annuus* L.) en Apodaca, N. L. Tesis Profesional ITESEM.
- Goyne, P.F., Simpson, B.W., Woodriff, D.R., Churchett, F.D. 1979. Environmental Influence on Sunflower Achene Growth, Oil and Oil Quality. Austral. J. Expt. Agr. Anim. Husb. 19:82–88.
- Guerrero, G. A. 1977. El Girasol. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España. Turrialba vol. 37 No 1.
- Hallauer A R. y J B Miranda F. 1981. Quantitative Genetics in Maize Populations. Maydica 43: 19-26.
- Haro R P A, M C Julia G, M H Reyes V. 2007. Determinación Materna del Contenido de Aceite en Semillas de Girasol. Fit. Vol. 30 (1): 39-42.
- Hortelano, M, E. 1975. El Cultivo del Girasol en el Bajío. Folleto para Productores No 27. SARH-INIFAP-CIAFAEG. Celaya, Guanajuato. pp 5.

- IVU. (2007) Ácidos Grasos Esenciales. <http://www.ivu.org/ave/grasos.html>; Consulta Septiembre de 2007.
- Izquierdo, N. 2007. Calidad de Aceites. Determinación de la Calidad en el Campo. INTA-FCA. Argentina.
- Jasso, C D, B. S Philips, R. Rodríguez G, JL. Angulo S. 2003. Girasol: Producción de Grano, Contenido de Aceite y Composición de Ácidos Grasos de Variedades Cultivadas Bajo Temporal en el Norte de México. Resultados de avances de investigación. <http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/oleaginosas/girasol.pdf>.
- Josep Vicent Arnau. 2003. El Aceite de Girasol: En Buenas Manos: Salud y Terapias Naturales.
- Jugenheimer W R. 1990. Maíz. Variedades Mejoradas Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. Trad. R Piña G Ed. Limusa. Cuarta Reimpresión
- Kaya Y. 2005. Hibryd Vigor in Sunflower (*Helianthus annuus L*). HELIA, 28, (43): pp. 77-86.
- Keefer, G.D., Mcallister, J.E., Uridge, E.S., Simpson, B.W. 1976. Cheat of Planting Effects on Development, Yield and Oil Quality of Irrigated Sunflower. Austral. J. Expt. Agr. Anim. Husb. 16:417-422.
- Kloczowski, Z. 1975. Estudios on Some Features of Oil Sunflower and Their Significance in Breeding that Plant in Poland. Hodow Rols, Aklim. Nacienn. 192: 89-131.
- Lacadena, J. R.1970. Genética Vegetal Fundamentos de su Aplicación. 2da edición. Madrid España. Pp. 65-67.
- Librogen. 2004. Endogamia y Heterosis. En Linea http://members.fortunecity.es/librogen/endogamia_y_heterosis.htm
- Lynch M, B Walsh.1997. Genetics and Analysis of Quantitative Traits. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts, USA. Pp 980.
- Márquez S F. 1988. Genotecina Vegetal, Tomo II. AGTESA. México. P 563.

- Martínez, J.F., Muñoz, J., Arnaud, J.G. 1993. Performance of Near-Isogenic High and Low Oleic Acid Hybrids of Sunflower. *Crop Sci.* 33:1158–1163.
- Mendoza V R, M H Reyes V, A Benavides M, Ma J Sánchez V (2003) Evaluación Comparativa de Aceite y Proteína entre Poblaciones Silvestres (*H.annuus* ssp *texanus*) y Girasol Cultivado. Resultados de Avances de Investigación. <http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/oleaginosas/evaloil.pdf> Consulta 14 de Septiembre de 2007.
- Merrien, A. 1992. Some Aspectts of Sunflower. *Crop Physiology*. In Proceeding os the 13th International Sunflower Conference. Pisa, Italy, 7-11 September. pp 481-498.
- Miller J F, B A Vick. 1999. Inheritance og Reduced Stearic and Palmitic Acid Content in Sunflower Seed Oil. *Crop Sci.* 39: 364-367.
- Mogali, S.C., and K. Virupaakshappa. 1994. Characterization and Evaluation of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding.* 54:360-365.
- Nakamura R R, M L Stanton. 1989. Embryo Growth and Seed Size in *Raphanus sativus*: Matrenal and Paternal Effects *in vitro* and *in vitro*. *Evolution* 43: 1435-1443.
- Narvel J M, W R Fehr, J Ininda, G A Welke, E G Hammond, D N Duvick, S R Cianzio. 2000. Inheritance of Elevated Palmitate in Soybean Seed Oil. *Crop Sci.* 40: 635-639.
- Ortega R, C., y Ochoa B, R. 2003. El Girasol Mexicano. Claridades Agropecuarias. No 120. ASERCA-SAGARPA. pp 3-14
- Ortegón, M., A. S. 1993. El Girasol. Ed. Trillas. México, D.F., pp 15-54.
- Ortegón. M. A. S. 2004. Guía para la Producción de Girasol en el Norte de Tamaulipas. CIRNE. CERB. INIFAP. Folleto para Productores No. 15.Cd. Rio Bravo, Tamaulipas. Pp. 2-15. Ortega R, C., y Ochoa B, R. 2003. El Girasol Mexicano. Claridades Agropecuarias No 120. ASERCA-SAGARPA. pp 3-14.

- 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.
- Osorio, J., Fernandez-Martínez, J., Stains, M., Garcés, R. 1995. Mutant Sunflower With High Concentration of Saturated Fatty Acids in the Oil. *Crop Sci.* 35:739-742.
- Parodi P. Patricio C. P. P. 2007. El Raps se Extingue en Chile, pero en el Mundo tiene otros Usos. *Agronomía y Forestal UC. Departamento de Ciencias Vegetales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Pontificia Universidad Católica de Chile.* http://www.uc.cl/agronomia/c_extension/Revista/Ediciones/12/opinion.pdf.
- Pérez-Vich B, R Garcés, J M Fernández-Martínez. 2002. Inheritance of Medium Stearic Acid Content in the Seed Oil of a Sunflower Mutant CAS-4. *Crop Sci.* 42: 1806-1811.
- Preciado E, A. Terrón, H. Córdova, H. Mickelson y R. López. 1997. Respuestas correlacionadas para el rendimiento en la selección de híbridos de maíces precoces subtropicales. *Agronomía Mesosamericana* 8 (1): 35-43.
- Puntry, L. 1981. Sunflower Cultivar Performance as Influenced by Soil, Water and Plant Population. *Agronomy Journal.* 73 (2):257-260. USA.
- Putt E D. 1997. Early History of Sunflower. *In: Sunflower Technology and Production.* A A Scneiter (ed). ASA, CSSA, SSA, USA. pp. 1-19.
- Ramírez L. 2006. Mejora de Plantas Alogámas. Pamplona-Spain. pp 33.
- Robinson, R. G. 1978. Production and Culture. *In: J. F. Carter (Ed). Sunflower Science and Technology.* Agronomy 19 Amer. Soc. Agron-crop Sci. Soc. AMER-SSSA. USA. Pp. 89-135.
- Rodríguez, R.H. 2004. Las Especies Silvestres de Girasol. INTA-EEA. Buenos Aires, Argentina.

- Rojas-Barros P, A de Haro, J M Fernández-Martínez. 2005. Inheritance of High oleic/low Ricinoleic Acid Content in the Seed Oil of Castor Mutant OLE-1. *Crop Sci.* 45:-162.
- Román, F, A. 1987. El Girasol de Temporal para el Norte de Guanajuato. Folleto para Productores No 8. SARH-INIFAP-CIFAEG. Celaya, Guanajuato. pp. 9.
- Schiling E E, Heiser Ch B (1981) Infrageneric Classification of *Helianthus 0* (*Compositae*). *Taxon* 30(2): 393-403.
- Seiler, G. J. 1984. Variation in Agronomic and Morphological Characteristics of Several Populations of Wild Annual Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia.* 7:29-32.
- Stanojevic, D., S. Nedeljkovic, and D. Jovanovic, 1992. Oil and Protein Concentration in Seed of Diverse High- Protein Inbred lines of Sunflower. P 1263-1268. In Proc. 13 th Int. Sunflower conf., Pisa, Italy. 7-11 sep. 1992.
- Terzić S, Zorić M, Miladinović F (2006) Phenotype Variability and Inheritance of Plant Height and Branching In F₁ Generation of Sunflower. *HELIA*, 29, (44): 87-94.
- Thompson T E, G N Fick, J R Cedeno (1979). Maternal Control of Seed Oil Percentage in Sunflower. *Crop Sci.* 19: 617-619.
- 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.
- Vranceanu A. V. 1977. El Girasol. Trad. A. Guerrero G.E. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.