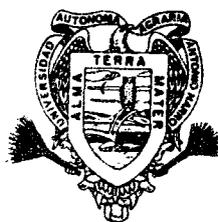


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

PROGRAMA DE GRADUADOS



EVALUACION DE 240 FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS EN
GIRASOL (*Helianthus annuus L.*) PARA DIFERENTES
CARACTERISTICAS AGRONOMICAS. II ESTUDIO DE
PARAMETROS GENETICOS Y CORRELACIONES.

MANUEL DE JESUS AGUIRRE BORTONI

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD DE FITOMEJORAMIENTO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA.

JULIO DE 1983.

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITE PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL, PARA OPTAR AL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD DE FITOMEJORAMIENTO



COMITE PARTICULAR

BIBLIOTECA EGIDIO G. REBOY BANCO DE TE U.A.A.A.N.

ASESOR PRINCIPAL: *Eleuterio Lopez Perez*
DR. ELEUTERIO LOPEZ PEREZ

ASESOR: *K. Sathyanarayanaiah*
DR. KURUVADI SATHIANARAIANAI AH

ASESOR: *Hector Gomez Contreras*
~~DR. HECTOR GOMEZ CONTRERAS~~

SUBDIRECTOR DE POSTGRADO: *Jesus Torralba Elguezabal*
DR. JESUS TORRALBA ELGUEZABAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNIO DE 1983

DEDICATORIA

Con sincero agradecimiento a mi esposa Irma, por su apoyo en la realización de mis objetivos.

A mis hijas, Irma Patricia y Rosina.

A mis padres Homero y Beatriz y a mis suegros Juventino y Ninfa, por su siempre incondicional apoyo y por la disponibilidad para tantas cosas.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Eleuterio López Pérez, por su asesoría en la realización de este trabajo, revisión y sugerencias del mismo.

Al Dr. Kuruvadi Sathianaraianaiah por la orientación recibida en el desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Héctor Gómez Contreras por su colaboración en la elaboración de este trabajo.

Al Colegio de graduados de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" por la gran ayuda y apoyo que se me brindó para la conclusión de mis estudios.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León por proporcionarme la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado.

Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento otorgado que hizo posibles mis estudios.

Al Ing. M. C. Edgar Guzmán Medrano por su desinteresada ayuda en la conclusión de este trabajo.

Al Actuario Héctor Gutierrez López por su gran ayuda para el análisis estadístico.

A la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. por el apoyo recibido para mi superación académica.

A las Sras. Juanita N. de Guzmán, Marlene N. de García e Irma N. de Aguirre por su colaboración en la mecanografía de este trabajo.

I N D I C E

	Pag.
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	3
MATERIALES Y METODOS.....	11
RESULTADOS Y DISCUSION.....	21
RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	43
BIBLIOGRAFIA.....	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Componentes del análisis de -- varianza de los 10 grupos.....	17
2	Análisis de varianza para 5 ca racterísticas en girasol.....	22
3	Promedios de 5 características agronómicas de las 240 familias de medios hermanos.....	28
4	Medias y rangos de 5 caracterís ticas agronómicas en girasol...	33
5	Parámetros genéticos para 5 ca racterísticas en girasol.....	35
6	Medias de 5 características --- agronómicas de las 25 familias seleccionadas con alto conteni do de aceite	41
7	Correlaciones fenotípicas entre 5 características agronómicas - en girasol.....	42

INTRODUCCION

La selección recurrente comprende la obtención de los individuos deseables de una población, la selección de los individuos seleccionados para posteriormente recombinarlos y formar una nueva población. Este proceso puede continuarse mientras el carácter por el cual se esta realizando el mejoramiento manifieste ganancia.

La selección recurrente se ha utilizado para mejorar diferentes caracteres en las plantas, tales como resistencia a plagas y enfermedades, rendimiento, altura, precocidad, contenido de proteínas y aceite, etc.

Los métodos de selección recurrente se llevan a cabo entre poblaciones (interpoblacional) y dentro de una población (intrapoblacional). Un método intrapoblacional es el de mazorca por surco (Hopkins, 1896) utilizado para mejorar el rendimiento en maíz, el cual desde su inicio fue ampliamente utilizado. Posteriormente se realizó una modificación a dicho método (Lonnquist, 1946) el cual demostró efectividad en la selección de individuos genotípicamente superiores.

Una modificación más al método fue propuesta por Compton y Comstock (1976), que a diferencia de la modifica-

ción de Lonquist (1964), se utilizaban 2 generaciones por ciclo en lugar de una, pero era de fácil manejo y mucho menos costoso.

Estos métodos fuerón y están siendo utilizados en maíz, siendo aplicables también para el mejoramiento de otros cultivos de polinización cruzada, como el girasol, que en nuestro caso le llamamos al método capítulo por surco modificado.

En la presente investigación se utilizó el método de mazorca por surco modificado de Compton y Comstock, con los siguientes objetivos:

1. Continuar con la selección recurrente a través del método de capítulo por surco modificado en la población "Tamaulipas Selección para Alto Rendimiento" ciclo cero (TSAR_{co}).
2. Estudiar la heredabilidad en el sentido estrecho para diferentes caracteres.
3. Estimar las correlaciones para diferentes características de interés agronómico.
4. Predecir la ganancia genética que pudiera observarse a través de ésta metodología.

REVISION DE LITERATURA

Efecto de la Selección Recurrente en el mejoramiento de plantas.

Hull (1952) mencionó que la selección recurrente significaba incluir reelección generación tras generación, con la hibridación del material seleccionado para recombinación genética.

Sprague y Brimhall (1950) emplearon la selección recurrente para incrementar el contenido de aceite en el grano de maíz, obteniendo buenos resultados, ya que después de 2 ciclos de selección recurrente, el contenido de aceite se incremento de 7.8% en la población original a 10.5% en la población mejorada.

Johnson (1952) encontró que un ciclo simple de selección recurrente fué muy efectivo para incrementar la aptitud combinatoria general en plantas forrajeras.

Sprague (1966) menciona que en programas de selección recurrente en maíz se utilizaron sucesivamente pruebas de familias de medios hermanos para estimar las varianzas aditiva y de dominancia, así como el promedio del grado de minancia.

Burton et al. (1971) y Smith (1979) mencionan que la selección recurrente se desarrolló como un método para incrementar la frecuencia de genes favorables o su combinación, manteniendo mucha de la variabilidad genética desea-

ble en el mejoramiento de poblaciones.

Penny et al. (1967) y Hallauer (1973) reportaron que en un estudio para la resistencia al gusano barrenador Europeo en poblaciones S_1 de maíz, 3 ciclos de selección recurrente parecen ser adecuados para obtener un alto nivel de resistencia para dicha plaga.

Jinahyon y Russell (1969) utilizaron procedimientos similares a los de Penny et al. (1967) en selección recurrente para obtener resistencia en maíz a Diplodia zea, obteniendo resultados similares.

Scott y Rosenkranz (1974) y Hallauer (1980) mencionan que la eficiencia de la selección recurrente para cambiar la frecuencia de genes favorables depende de la heredabilidad del carácter y de la cantidad de variabilidad genética en la población original.

La selección recurrente es dividida por Hallauer (1980) en 3 fases; obtención del material, evaluación del mismo y recombinación de las mejoras progenies, las que formaran la población para el siguiente ciclo de selección, mencionando también que la mayor efectividad de ésta depende de 3 factores:

- 1) Variabilidad genética.
- 2) Frecuencias génicas de la población original.
- 3) Heredabilidad de las características bajo selección.

Los métodos de selección recurrente pueden ser intrapoblacionales e interpoblacionales. La selección de mazorca por surco es un método de selección recurrente intrapoblacional iniciado por Hopkins (1896) en la Estación Experimental de Illinois, el cual se empezó a utilizar ampliamente.

Kiesselbach (1922) y otros investigadores mencionan que la mayoría de los primeros trabajos mostraron que el método de mazorca por surco era infructuoso para incrementar el rendimiento de grano en maíz. Por otro lado, la selección bajo éste método resultó efectiva para modificar el contenido de proteínas y aceite del grano y otros caracteres que eran altamente heredables.

Lonnquist (1964) describió una modificación al método de mazorca por surco propuesto por Hopkins (1896). Dicha modificación estriba en que se utiliza más de un ambiente para evaluar las familias de medios hermanos, lo cual permite estimar la interacción genotipo ambiente, combinando los resultados a través de ambientes para determinar las mejores familias para recombinar.

Webel y Lonnquist (1967) mencionaron que el uso del método de mazorca por surco propuesto por Lonnquist (1964) es un procedimiento que ha demostrado ser efectivo en la selección de individuos genotípicamente superiores. El método es esencialmente una combinación de prueba de progenies de medios hermanos y selección masal.

Compton y Comstock (1976) sugirieron una modificación más al método de mazorca por surco, en el cual se utili-

zaban 2 estaciones de crecimiento en lugar de una en la modificación propuesta por Lonquist (1964), el control parental se duplica de un medio a uno y el número de generaciones para completar un ciclo de selección se duplica a 2. El uso de 2 generaciones por ciclo pueden ser justificadas por su fácil manejo y mucho menos costo.

Skroic (1969) menciona que debido a que el girasol es un cultivo de polinización cruzada es susceptible a depresión endogámica. Por lo tanto, para su mejoramiento se pueden utilizar las mismas técnicas que se aplican a otros cultivos de polinización cruzada, como el maíz. Esto mismo es reforzado más tarde por Fick (1978), quien menciona que la mayoría de los métodos de mejoramiento utilizados en maíz y otros cultivos de polinización cruzada, son aplicables al girasol, con ciertas modificaciones, debido a su proceso de floración y características morfológicas.

Fick (1978) considera que los principales objetivos en el mejoramiento de girasol incluyen incremento de rendimiento de semilla, madurez temprana, plantas de porte bajo y uniformes y resistencia a plagas y enfermedades.

Estudios sobre el contenido de aceite en girasol.

Russell (1953) sugirió que el contenido de aceite en girasol estaba determinado por genes parcialmente dominantes o complementarios en su acción.

Alexander (1962) revisó las investigaciones lleva-

das a cabo en Rusia y concluyó que aparentemente existía un amplio componente aditivo de la varianza genética total para el porcentaje de aceite en girasol.

Alexander (1963) señala que V. S. Pustovoit desarrolló un método para mejorar el cultivo de girasol, el cual resultó muy efectivo para incrementar el porcentaje de aceite de 30% que tenían las variedades utilizadas a 50%. Este método es conocido también como método de reservas, el cual es una forma de selección recurrente que incluye evaluación de progenie y la subsecuente recombinación de las progenies con características superiores.

Anaschenco (1974) menciona, que debido a que la variabilidad genética se reduce como resultado de una selección intensiva dentro de una población limitada, el método de Pustovoit puede resultar poco efectivo para incrementar el contenido de aceite en años futuros.

Gundaev (1971) indicó que dos terceras partes del incremento en el porcentaje de aceite de la semilla de materiales mejorados y seleccionados anteriormente, dieron como resultado indirecto una reducción en el porcentaje de cáscara de un tercio.

Thompson et al. (1979) estudiaron el efecto materno en el contenido de aceite en la semilla de girasol, encontrando que aparentemente éste está determinado por el genotipo materno de la planta y no por el genotipo de la almendra.

Fick (1978) menciona que el porcentaje de aceite

de la semilla depende del porcentaje de la cáscara y del porcentaje de aceite en la almendra. El porcentaje de cáscara entre genotipos varía de 10 a 60%, mientras que el de la almendra varía de 26 a 72%. En el caso de los cultivares o variedades actuales con alto contenido de aceite es de 20 a 25% para la cáscara y 57 a 67% para el contenido de aceite en la almendra.

Ross (1939) obtuvo una correlación positiva altamente significativa entre contenido de aceite con altura de planta y rendimiento de semilla y una correlación no significativa entre contenido de aceite y área foliar, diámetro de capítulo y días a floración.

Putt (1943) encontró una alta correlación positiva entre rendimiento de semilla y días a madurez, altura de planta, diámetro de capítulo y de tallo, lo cual fué comprobado por Kovacik y Skaloud (1972).

Burns (1970) estudiando el efecto del diámetro de capítulo sobre el rendimiento en girasol, encontró una correlación altamente significativa ($r = 0.95$), sugiriendo que el diámetro de capítulo podría ser utilizado en la estimación del rendimiento de parcela.

Fick, Zimmer y Zimmerman (1974) estudiaron las correlaciones entre contenido de aceite de la semilla y otras características agronómicas en poblaciones de polinización libre, híbridos y endogámicas, encontrando una correlación positiva entre contenido de aceite de la semilla con altura de planta, madurez y peso de 1000 semillas.

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

Ghanavati y Nahabandi (1981) estudiaron poblaciones de girasol para regiones semiáridas de Irán, encontrando diferencias altamente significativas entre altura de planta, madurez y diámetro de capítulo. En base a los coeficientes de correlación encontraron asociación entre rendimiento de aceite, con las siguientes características: rendimiento de semilla ($r = 0.97$), contenido de aceite ($r = 0.41$), diámetro de capítulo ($r = 0.60$) y madurez ($r = 0.410$).

Kloczowski (1975) en un estudio de heredabilidad en el sentido amplio para diferentes características agronómicas, encontró que para rendimiento fué de 18%, mientras que para altura de planta, peso de 1000 semillas, porcentaje de aceite, porcentaje de cáscara y diámetro de capítulo fué de 22 a 49%.

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

Putt (1966) estudió la aptitud combinatoria general y específica para 8 características agronómicas en un dialélico con 10 líneas endogámicas, reportando lo siguiente: en el caso de rendimiento la aptitud combinatoria específica fué más importante que la general, sugiriendo con es-

to, que para ésta característica, la varianza genética no aditiva fue más importante que la aditiva. Para contenido de aceite fue mayor la aptitud combinatoria general que la específica, sugiriendo en éste caso que la varianza genética aditiva es más importante para el contenido de aceite. En el caso del peso de 1000 semillas, la aptitud combinatoria general y específica fueron iguales, sugiriendo que el efecto de los genes aditivos y no aditivos eran importantes en el control del peso de semilla.

Fick (1975) en un estudio de la heredabilidad de contenido de aceite en girasol, reportó también que los efectos genéticos aditivos controlan el contenido de aceite.

Miller, Hammond y Roath (1980) comprobaron las investigaciones llevadas a cabo por Putt (1966), Fick (1975) Skoric (1978) y Rao y Singh (1978) donde mencionaban que el contenido de aceite está controlado por acción génica aditiva. Encontraron también que la acción génica aditiva es más importante para la mayoría de las características agronómicas, tales como rendimiento, altura de planta, peso de semilla y floración. La varianza de dominancia muestra ser importante sólo para rendimiento.

Con respecto al diámetro de capítulo, Fick (1978) menciona que esta característica está influenciada ampliamente por efectos del medio ambiente, con ésto, la porción de la variación total que se atribuye a efectos genéticos menudo es baja, lo cual puede ser debido a otras características agronómicas.

MATERIALES Y METODOS

Genotipos Utilizados.

El material genético que sirvió como base para la presente investigación estuvo constituido por 14 variedades comerciales siguientes, las cuales se seleccionaron en base a su comportamiento agronómico:

I S - 891	I S - 7785
I S - 7775	S H - 238
I S - 893	S H - 301 A
I S - 241	H - 894
I S - 8944	Vas.Rib.- 77
I S - 907	Sun Hi - 0304
I S - 903	Big Top - 200

Con el fin de generar la mayor variabilidad genética posible se procedió a darles una primera recombinación durante el verano de 1980 en terrenos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Así, en el invierno de ese mismo año (1980-81) se practicó una segunda recombinación, ésto con el fin de crear una mayor variabilidad a través del posible rompimiento de bloques de ligamientos.

De esta forma se originó la población base denominada "Tamaulipas Selección para Alto Rendimiento" ciclo cero (TSAR_{CO}).

Para iniciar el primer ciclo de selección capítulo por surco modificado, se sembró en el ejido Agua Nueva, Mpio de Saltillo, Coahuila la población TSAR_{CO}. De esta población se seleccionaron 400 plantas. Al momento de la cosecha se realizó una reelección de las 400 plantas, dejándose finalmente 260, en las cuales se tomaron en cuenta las siguientes características fenotípicas del capítulo:

- b) Forma convexa.
- c) Diámetro.
- d) Grado de fertilidad.

Tomándose en cuenta además la sanidad de las plantas con respecto a plagas y enfermedades.

Técnicas Experimentales

El método de capítulo por surco modificado, difiere del método de mazorca por surco modificado, únicamente en que se seleccionan capítulos; lo que en maíz se llaman mazorcas. Los capítulos seleccionados fueron cosechados individualmente, obteniéndose así 260 familias de medios hermanos, teniendo como padre común al progenitor femenino. De cada una de las 260 familias, la semilla fué dividida en 5 partes para emplearse de la siguiente manera : 2 localidades con 2 repeticiones por cada localidad y el resto se dejó como remanente para la recombinación de los genotipos seleccionados en una segunda generación.

Diseño Experimental

El diseño experimental fué el de bloques incompletos al azar con 2 repeticiones, con 260 entradas por repetición y 2 localidades. Las 260 familias fueron divididas en 10 grupos de 26 familias en cada grupo de cada repetición, teniéndose por consiguiente 520 surcos simples en cada experimento. Las familias fueron consistentes para cada grupo.

La distancia entre surco y surco fué de 0.70 m y 0.20 m entre planta y planta, dándonos así surcos de 3.20m de longitud para cada familia, conteniéndo 17 plantas en total, de las cuales no se tomaron en cuenta la primera y la última con el fin de eliminar posibles efectos de competencia.

Debido a problemas que se presentaron al momento de la germinación de la semilla, así como al ataque de plagas, la repetición IV de la localidad 2 no se tomó en cuenta ya que no aportó datos confiables.

Se eliminaron también 2 familias de cada grupo, debido a los problemas antes mencionados, por lo tanto el experimento quedó constituido por 3 repeticiones con 24 familias en cada uno de los 10 grupos por repetición.

VARIABLES ESTUDIADAS

Las variables que se tomaron en cada una de las 260 familias de medios hermanos fueron las siguientes:

- a) Número de plantas: se tomó de acuerdo al número de capítulos por parcela.
- b) Días a floración: se tomó de acuerdo a los días transcurridos desde la siembra, hasta que el 50% de las plantas de cada parcela iniciaron su antesis.
- c) Altura de planta: se consideró como el pro-

medio de la altura de 8 plantas de cada parcela, la cual comprendía la distancia en centímetros entre la superficie del suelo y la unión del tallo con el capítulo.

- d) Diámetro de capítulo: Promedio en centímetros de los capítulos cosechados por parcela, tomándose para ésto 2 medidas cruzadas sobre el capítulo y obteniendo un valor promedio para cada uno.
- e) Posición del capítulo: Se tomaron en cuenta 3 posiciones con respecto al tallo, de la siguiente manera:
1. Capítulo perpendicular al tallo.
 2. Capítulo con 90° de inclinación con respecto al tallo.
 3. Capítulo con 180° de inclinación con respecto al tallo.
- f) Rendimiento de semilla: se tomó como rendimiento en gramos de la semilla cosechada por planta.
- g) Contenido de aceite: para realizar el análisis de contenido de aceite se tomó una muestra representativa de cada familia cosechada. El análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Químicos de la Universidad Autóno-

ma Agraria " Antonio Narro " a través del analizador de calidad de granos "Neotec 31EL".

Análisis de Varianza

El análisis de varianza para los 10 grupos combinados en 5 repeticiones, fueron realizados usando el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + R_j + F_{ki} + (GR)_{ij} + E_{ijk}$$

donde:

$i = 1, 2, \dots, g$ (grupos)

$j = 1, 2, 3, \dots, (r)$ (repeticiones)

$k = 1, 2, \dots, f$ (familias)

Y_{ijk} = Observación de la k -ésima familia anidada en el i -ésimo grupo, de la j -ésima repetición.

μ = Media general.

G_i = Efecto del i -ésimo grupo.

R_j = Efecto de la j -ésima repetición.

F_{ki} = Efecto de la k -ésima familia anidada en el i -ésimo grupo.

$(GR)_{ij}$ = Es la interacción del i -ésimo grupo por la j -ésima repetición.

E_{ijk} = Es el error experimental.

Asumiendo con este modelo que:

$$F \sim \text{DNI} (0, \sigma_f^2) \text{ y}$$

$$E_{ijk} \sim \text{DNI} (0, \sigma^2).$$

El análisis apropiado para este modelo lineal se presenta en el Cuadro 2, en el cual las familias se consideran como efectos aleatorios.

CUADRO 1 COMPONENTES DEL ANALISIS DE VARIANZA DE LOS 10 GRUPOS.

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	ESPERANZAS DE CUADRADOS MEDIOS
Repetición	(r-1)		
Grupos	(g-1)		
Repetición x Gpo.	(r-1) (g-1)		
Familia/Gpo.	(f-1)g	M_2	$\sigma_e^2 + r \sigma_f^2/g$
Error	(f-1) (r-1)g	M_1	σ_e^2
Total	rgf-1		

Las pruebas de significancia de F para las fuentes de variación del Cuadro 2, fueron realizadas de la siguiente manera:

M_1 fué el error común del cuadrado medio para probar la significancia entre familias (M_2).

En base al análisis de varianza del Cuadro 2, se procedió a estimar la varianza genética para cada carácter de la siguiente manera:

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

donde:

$$M_1 = CM \text{ y}$$

r = número de repeticiones.

La ecuación para estimar la varianza fenotípica basada en la media de una entrada es la siguiente (propuesta por Johnson et al 1955):

$$\hat{\sigma}_f^2 = \frac{\sigma_e^2}{ra} + \frac{\sigma_{ge}^2}{a} + \sigma_g^2 ;$$

debido a que en nuestro caso no se tuvieron los datos de una segunda localidad, fué imposible estimar la interacción genotipo ambiente reduciéndose la ecuación a:

$$\hat{\sigma}_f^2 = \frac{\sigma_e^2}{r} + \sigma_g^2$$

Tomando en cuenta que la varianza genética entre familias de medios hermanos estima $\frac{1}{4}$ de la varianza genética aditiva, la estimación de la heredabilidad en el sentido estrecho queda resumida a lo siguiente:

$$H^2 = \frac{4\sigma_g^2}{\frac{\sigma_e^2}{r} + 4\sigma_g^2}$$

El error estandar de la heredabilidad se estimó en base a la ecuación propuesta por Hallauer y Miranda (1980), para familias de medios hermanos.

$$EE(H^2) = \frac{4EE(\sigma_g^2)}{\sigma_f^2}$$

donde:

$$EE(\sigma_g^2) = \frac{1}{r^2} \left[\frac{2(M_1)^2}{(f-1)g} + \frac{2(M_2)^2}{(f-1)(r-1)g} \right]$$

M_1 = Varianza del error.

M_2 = Cuadrado medio de familias/grupos.

r = Repeticiones.

$(f-1)g$ = Grados de libertad de familias/grupos.

$(f-1)(r-1)g$ = Grados de libertad del error.

La estimación de la ganancia genética esperada por

ciclo se realizó con la siguiente ecuación:

$$G_c = \frac{kc(\frac{1}{4})\sigma_A^2}{\sigma_f}$$

donde:

k = Diferencial de selección en unidades estandar.

c = Control parental.

σ_A^2 = Varianza aditiva.

σ_f = Desviación fenotípica.

Todos los análisis estadísticos se corrieron bajo el sistema SAS, en el Departamento de Biometría del INIA.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza para las diferentes características agronómicas se presenta en el Cuadro 3, en el cual podemos observar que para la característica contenido de aceite las familias mostraron diferencias significativas al 1% de probabilidad, lo que nos indica la variabilidad existente en el material original de donde se derivaron las familias, por lo tanto, se espera que al aplicar cualquier metodología de selección recurrente podamos observar ganancia genética para esta característica, ya que la variabilidad genética es el principal factor con que se debe contar en cualquier programa de mejoramiento genético para las diferentes características de las plantas, en las diferentes especies.

En el caso de rendimiento no se encontraron diferencias significativas. Esto puede deberse principalmente al daño ocasionado por los pájaros, el cual, en la mayoría de las plantas fué muy severo.

Harada, citado por Fick (1978) menciona que los capítulos con una inclinación de 180° con respecto al tallo o cerca de ésta magnitud mostraron el menor daño causado por pájaros. Así mismo se refiere a ciertos tipos de plantas con características agronómicas similares que sufren daños desde un 10% hasta un 100%, explicándose ésto con el supuesto contenido de diferentes productos químicos entre los tipos susceptibles. En resumen, la mejor opción para una resistencia al ataque de los pájaros debe ser una combinación

CUADRO 2 Análisis de varianza para 5 características en girasol.

FUENTES DE VARIACION	DIAS A FLOR	RENDIMIEN-TO	ALTURA DE PLANTA	DIAMETRO DE CAPITULO	% ACEITE TRANSFORMADO
Grupo	34.79	1046.09	0.08	8.19	16.83
Repetición	7178.37	11313.28	18.56	873.42	121.31
Grupo x repetición	138.41	1073.60	0.27	84.92	6.42
Familia/Gpo.	26.68 ^{ns}	178.12 ^{ns}	0.03 ^{ns}	6.31 ^{ns}	5.55 ^{**}
Error	26.08	151.26	0.03	6.37	2.59
Total	49.09	225.20	0.09	10.65	4.14
C.V. (%)	3.53	56.72	12.85	17.72	4.34

** Significativo al 1% de probabilidad

de características morfofisiológicas ya que los métodos convencionales usados hasta la fecha no son efectivos y son costosos.

En el material bajo estudio, las familias mostraron mucha variación con respecto a la inclinación del capítulo, observándose que solamente un 32% mostraron una inclinación de 180° por lo que un 68% de las familias fueron afectadas en forma considerable por el ataque de los pájaros, lo cual corrobora que la selección basada en la inclinación del capítulo debe incluirse como un factor básico en los programas de mejoramiento del cultivo, especialmente en zonas en donde sea un problema fuerte el ataque de pájaros y también donde no se disponga de los medios para determinar qué componentes químicos se encuentran en forma adecuada para proporcionar resistencia a los pájaros.

Vranceanu (1974) menciona que por autofecundación y selección se logra rápidamente separar las líneas uniformes y constantes para una posición de capítulo deseada.

Rudorf (1958) citado por Vranceanu (1974) concluye que a la fecha es difícil determinar con exactitud el número de genes participantes y de su acción alélica sobre el control de la inclinación del capítulo. Merece una mención especial el hecho de que nuestros valores para rendimiento fueron ajustados por planta individual, ya que no se tenía un número uniforme de plantas por parcela, lo cual ocasiona que no se presenten diferencias significativas para éste carácter debido a que se absorbe gran parte de la variabilidad que habría entre parcela y parcela y dentro de las mismas, por lo tanto el valor del error experimental se ve

fuertemente incrementado. Todo esto es una consecuencia de la falta de competencia completa en la mayoría de las plantas evaluadas.

Para las características de días a floración, altura de planta y diámetro de capítulo, los resultados obtenidos en el análisis de varianza (Cuadro 2) nos indican que no hubo diferencias significativas. Las diferencias no significativas obtenidas para días a floración entre las 240 familias puede ser debido al origen común de las mismas familias ya que comparten el mismo conjunto de genes, y siendo éste un caracter que se considera controlado por una serie de genes, que, según Unrau y Putt citados por Fick (1978) indican que el tipo de acción genica asociada con la fecha de floración es dependiente de los genotipos estudiados. El valor de la σ_g^2 para este caracter es muy bajo (0.20) lo cual puede ser una consecuencia del alto valor de la σ_e^2 . Dicho valor de la σ_e^2 puede ser debido a efectos de muestreo en la toma de datos y no a valores genéticos en sí, por lo mismo, los valores de heredabilidad para el mismo caracter resultaron muy bajos, siendo que éste caracter, según Shabana citado por Fick (1978) es de alta heredabilidad.

Con respecto a altura de planta, característica que se supone está controlada por genes cuantitativos (Vranceanu, 1974), se considera que debe ser altamente influenciada por el ambiente, sus valores de varianza ecológica se estimarán con facilidad siempre que las familias se encuentren en condiciones similares desde su emergencia hasta la fecha de la toma de datos. En este caso, los valores se ajustan a un efecto de no diferencia significativa, porque si la emergencia no fué uniforme, los datos se tomaron

de las primeras plantas que emergieron, tratándose de observar así un ambiente similar para todas las familias en cuanto a una misma edad en las plantas. Pero no debe descartarse que las plantas muestreadas carecieron de la presión de competencia completa.

Fick (1978) menciona que, aunque la altura de planta ha sido considerada como un carácter cuantitativo, se ha reportado que un simple gen controla la altura, citando que Enns (1959) encontró que el carácter enanismo de la línea endogámica 77AE de girasol, estaba controlada por un simple gen recesivo. En todo caso habría que estudiar los materiales con que se trabaje para éste carácter, pues según parece no se ha definido en forma concluyente el control genético del mismo.

Para la característica diámetro de capítulo, el análisis de varianza no reportó diferencias significativas, y aunque las magnitudes estuvieron dentro de un rango de 11.13 a 20.33 cm. (Cuadro 4), la variabilidad fué prácticamente insignificante, lo cual puede ser una consecuencia de la selección efectuada en la primera generación, ya que el criterio que se utilizó fué el de un capítulo con características definidas de convexidad y con un diámetro bastante uniforme en dimensión, considerando que los capítulos con diámetro de dimensión media eran los más aceptables. Los capítulos pequeños fueron eliminados ya que se considera que el diámetro de capítulo está correlacionado positivamente con el rendimiento (Burns, 1970) y los capítulos con diámetro demasiado grande fueron eliminados al igual que los pequeños, debido a que se observó entre ellos una proporción mayor de semillas vanas y problemas de dehi-

scencia.

Aunque según Rudorf citado por Vranceanu (1974), el diámetro de capítulo está controlado por un sistema poligénico con un fuerte efecto aditivo, se observó mucha uniformidad para este carácter entre y dentro de las familias en la segunda generación.

Los estudios genéticos para el control del diámetro de capítulo no han sido concluyentes para el sistema, pues unos reportan que es un efecto de poligenes con aditividad (Vranceanu, 1974), mientras que otros lo atribuyen a efectos aditivos y no aditivos (Putt citado por Fick, 1978). Fick (1978) concluyó que la variabilidad genética para este carácter siempre es menor que la de cualquier otro.

En el Cuadro 2, se presentan los coeficientes de variación, de los cuales el del porcentaje de aceite tuvo un valor de 4.34, días a floración 3.53%, altura de planta 12.58% y diámetro de capítulo 17.72%, lo cual nos indica que los resultados son confiables. El alto coeficiente de variación para rendimiento (56.72%) puede atribuirse a daños causados por insectos y pájaros y a efectos derivados del muestreo efectuado sobre plantas individuales sin la presión ambiental que se hubiera soportado en una parcela completa.

En el Cuadro 3, se presentan las medias de las 3 repeticiones para las 240 familias de medios hermanos de 5 características agronómicas. Las características presentadas en porcentaje muestran una distribución binomial, como

es el caso de contenido de aceite, transformándose a una distribución normal por raíz de arco seno, ya que para las otras características asumimos que se distribuyen normalmente. Reyes (1980) menciona que cuando se tienen datos de porcentajes, la distribución no es normal, generalmente es poisson o binomial y la transformación que se utiliza es la de arco seno, ya que los valores son mayores al 20%.

La información del Cuadro 3 se resume en el Cuadro 4, en el cual se concentran las medias generales y rangos de las mismas 5 características de los 240 genotipos. Esto nos muestra el comportamiento general de los genotipos utilizados. Las medias generales podrán ser útiles como criterio de selección entre las familias y dentro de los rangos, según sea la característica con la que se está trabajando. La media obtenida para días a floración fué de 144 días, con un rango de 135 a 159 días, sugiriéndose que al seleccionar para este caracter, se utilicen genotipos que se encuentren entre la media y el rango inferior, porque la correlación obtenida entre esta característica y contenido de aceite, nos indica que a menor días a floración mayor contenido de aceite.

Altura de planta mostró una media de 1.40 m. con un rango de 1.09 a 1.78 m. Dado que esta característica está correlacionada positivamente con rendimiento, sería conveniente seleccionar los genotipos que se mantengan dentro de la media general hacia el rango superior (Cuadro 4), cuidando que, al seguir mejorando el material, se vayan eliminando las plantas con mayor altura, ya que no es conveniente tener plantas demasiado altas.

DRO 3 Promedios de 5 características agronómicas de las 240 familias de medios hermanos.

OTIPO	DIAS A FLOR	RENDIMIEN- TO (g)	ALTURA DE PLANTA (m)	DIAMETRO DE CAPITULO (cm)	% DE A TRASNF
1	140	24.38	1.20	14.03	38.
3	142	14.39	1.23	13.87	37.
4	144	12.23	1.41	11.13	33.
5	149	17.91	1.29	14.14	33.
6	147	22.12	1.30	12.91	32.
7	140	16.82	1.33	12.50	35.
8	140	7.43	1.24	12.37	35.
9	140	11.47	1.17	12.79	35.
11	152	12.11	1.47	13.98	34.
12	141	9.41	1.11	12.22	34.
13	154	9.81	1.45	14.57	35.
14	141	6.61	1.15	12.44	37.
15	143	14.24	1.44	12.74	29.
16	145	29.10	1.36	15.63	33.
17	144	24.45	1.41	15.40	37.
18	153	17.45	1.29	18.33	36.
19	147	17.60	1.38	13.09	37.
20	149	21.40	1.33	13.93	36.
21	154	18.58	1.26	12.67	37.
22	144	12.05	1.27	12.15	37.
23	142	17.01	1.57	16.82	36.
24	148	16.68	1.43	16.09	37.
25	147	14.44	1.48	13.19	36.
26	159	13.10	1.40	12.53	37.
27	143	18.63	1.47	13.23	37.
28	141	17.23	1.32	12.11	37.
29	139	14.66	1.24	12.83	37.
30	149	28.33	1.51	14.87	37.
32	147	9.39	1.38	15.35	38.
33	145	18.24	1.29	12.57	38.
34	145	17.84	1.30	11.77	37.
35	145	30.70	1.39	13.28	37.
36	145	13.00	1.35	13.08	38.
37	147	36.40	1.46	14.56	36.
38	142	24.38	1.48	14.82	36.
39	147	40.46	1.43	17.37	37.
40	140	26.71	1.39	16.42	35.
41	143	20.43	1.39	16.42	37.
42	147	21.48	1.44	15.26	35.
43	143	22.55	1.43	13.11	37.
44	138	12.75	1.35	12.25	35.
45	144	19.91	1.40	13.96	37.
47	145	19.63	1.40	12.73	35.
48	144	38.28	1.43	18.51	35.
49	143	21.26	1.35	12.37	38.
50	146	30.47	1.45	14.05	35.
51	150	18.35	1.36	13.76	33.
52	143	34.72	1.30	16.18	33.
53	142	25.10	1.41	13.85	37.
54	147	21.52	1.65	14.67	33.

BO 3 Continuación

TIPO	DIAS A FLOR	RENDIMIEN TO (g)	ALTURA DE PLANTA (m)	DIAMETRO DE CAPITULO (cm)	% DE ACEITE TRANSFORMA
56	147	9.31	1.47	12.60	38.89
57	142	22.37	1.56	14.17	37.32
59	143	13.26	1.42	12.51	36.48
60	144	26.34	1.43	15.28	34.48
61	143	18.01	1.46	14.46	36.19
62	140	20.55	1.46	15.38	37.62
63	143	33.47	1.36	14.57	37.68
64	142	19.02	1.39	13.23	36.89
65	142	14.97	1.51	12.01	38.32
66	149	25.12	1.52	12.71	38.60
67	143	21.34	1.46	14.13	38.29
68	141	26.21	1.42	15.44	37.59
69	147	21.07	1.45	14.89	36.87
71	141	15.26	1.34	12.95	37.49
72	144	20.81	1.23	13.90	37.16
73	144	23.18	1.39	14.89	36.68
74	142	21.43	1.40	14.05	35.89
75	145	12.56	1.33	12.74	37.77
76	144	17.92	1.34	13.51	38.98
77	145	17.56	1.39	15.89	38.09
78	144	17.63	1.38	14.02	38.05
79	142	22.21	1.49	14.79	39.04
80	146	26.59	1.54	14.47	37.29
81	143	13.24	1.37	13.01	35.93
82	141	26.65	1.32	14.12	38.15
83	144	15.54	1.38	13.33	35.84
84	143	18.94	1.60	13.89	32.29
85	144	22.86	1.50	14.08	38.03
86	143	23.67	1.58	14.77	39.70
87	146	18.85	1.33	13.35	37.60
88	146	23.88	1.36	13.92	37.87
89	148	14.18	1.39	13.85	37.36
90	143	20.50	1.48	13.82	35.60
91	148	23.47	1.44	14.98	37.06
92	140	22.73	1.36	14.37	34.92
93	143	19.77	1.49	14.92	35.39
94	143	19.83	1.53	12.01	37.75
95	142	27.06	1.54	16.13	37.09
96	148	25.32	1.43	12.97	38.31
98	146	16.27	1.36	14.76	37.99
99	146	27.37	1.46	15.66	36.95
100	142	21.80	1.44	13.18	36.78
101	145	23.49	1.32	12.16	37.01
102	139	27.30	1.41	14.93	36.98
104	146	14.36	1.21	12.52	36.37
105	146	22.57	1.49	11.43	37.12
106	146	29.50	1.48	15.77	37.19
107	143	22.70	1.33	15.21	37.21
108	148	11.78	1.40	11.23	37.62
109	145	16.78	1.44	14.43	36.00
110	147	17.36	1.46	14.04	37.37
111	153	13.58	1.36	13.15	35.33
112	146	22.85	1.45	14.04	36.21

ORO 3 Continuación

TIPO	DIAS A FLOR	RENDIMIEN- TO (g)	ALTURA DE PLANTA (m)	DIAMETRO DE CAPITULO (cm)	% DE ACE TRASNFOR
15	141	28.21	1.38	13.65	38.18
16	146	31.17	1.51	15.77	38.40
17	143	21.13	1.50	20.33	36.62
18	144	15.79	1.34	13.96	36.68
20	146	34.26	1.47	14.68	37.78
21	141	11.40	1.43	13.97	38.22
22	142	10.04	1.37	11.23	37.28
23	144	24.33	1.63	17.62	37.78
24	145	33.95	1.50	14.33	37.01
26	147	22.62	1.51	13.57	36.38
27	146	22.90	1.46	13.41	37.06
28	148	21.76	1.55	13.71	36.48
29	147	28.64	1.47	13.81	38.17
30	146	15.56	1.42	13.10	37.94
31	143	19.05	1.46	16.79	36.83
32	143	28.42	1.36	15.23	38.54
33	145	21.97	1.46	13.70	39.12
34	145	19.35	1.34	14.22	38.66
36	144	13.03	1.48	13.63	36.92
37	143	46.93	1.78	16.73	37.37
38	145	22.40	1.45	16.72	37.14
39	144	23.91	1.39	14.70	36.73
41	143	14.49	1.36	13.61	36.72
42	141	20.03	1.43	14.22	40.01
43	144	19.59	1.68	14.20	38.60
44	147	13.91	1.31	15.47	37.73
45	146	21.19	1.36	13.40	37.21
46	143	93.03	1.12	11.43	36.64
47	144	9.62	1.37	11.53	37.00
48	144	21.43	1.43	13.09	34.55
49	149	14.63	1.50	13.40	35.45
50	142	9.57	1.35	12.06	37.08
51	144	17.84	1.30	13.73	37.52
52	145	15.16	1.23	12.23	39.77
53	148	24.75	1.51	15.83	37.76
54	143	12.40	1.41	14.08	37.58
55	150	22.87	1.45	14.88	33.65
56	146	26.16	1.29	15.42	38.07
57	150	31.11	1.33	14.05	35.91
58	150	31.07	1.33	15.15	35.58
59	144	27.83	1.38	16.10	36.96
60	152	24.81	1.55	15.45	35.76
61	142	29.07	1.35	15.67	35.75
63	146	13.51	1.30	12.72	35.24
64	144	10.98	1.19	12.20	36.27
65	149	23.95	1.68	16.43	35.57
66	144	22.48	1.33	13.32	36.00
67	145	17.92	1.28	15.46	37.15
68	142	15.35	1.17	13.49	35.08
69	142	20.56	1.32	14.97	35.97
71	145	15.91	1.49	15.63	36.41
72	141	19.75	1.37	15.25	38.36
73	140	19.13	1.33	16.46	39.02

20 3 Continuación

TIPO	DIAS A FLOR	RENDIMIEN- TO (g)	ALTURA DE PLANTA (m)	DIAMETRO DE CAPITULO (cm)	% DE ACEITE TRANSFORMADO
26	147	9.99	1.44	13.24	38.87
27	145	27.32	1.44	14.13	38.91
28	140	25.17	1.51	15.06	37.38
29	146	15.76	1.38	13.01	37.66
30	145	19.26	1.42	14.39	37.12
31	142	21.68	1.16	15.00	38.14
32	146	21.57	1.55	16.04	38.04
33	146	29.37	1.59	16.30	36.21
34	146	20.19	1.55	15.35	37.48
35	146	26.92	1.51	15.58	38.91
36	144	13.74	1.31	12.48	38.49
37	144	27.57	1.39	14.05	36.84
38	149	25.50	1.72	17.11	38.54
39	149	13.89	1.41	12.82	38.12
40	145	34.77	1.35	13.66	38.39
41	145	23.01	1.29	14.52	38.41
42	141	28.41	1.39	14.35	37.22
43	147	26.96	1.67	13.69	37.13
44	140	25.39	1.47	15.35	38.15
45	144	25.42	1.38	14.80	37.88
47	145	34.13	1.36	15.01	37.23
48	144	20.91	1.54	13.93	38.29
49	138	31.01	1.49	16.00	37.59
50	148	16.85	1.40	13.76	39.19
51	146	26.80	1.50	14.07	37.64
52	145	20.94	1.48	13.77	37.13
53	142	30.69	1.33	16.16	37.15
54	144	27.48	1.46	14.85	36.28
55	144	28.39	1.32	14.63	36.33
56	142	17.57	1.19	12.80	37.69
58	143	21.64	1.14	11.88	36.15
59	143	17.46	1.31	15.37	37.99
60	143	18.77	1.34	14.09	36.94
61	144	18.70	1.33	16.17	34.20
62	144	25.52	1.36	16.06	35.64
63	143	23.68	1.29	15.51	37.11
64	147	24.99	1.15	13.18	39.00
65	144	15.75	1.18	13.03	38.78
66	145	22.36	1.43	14.47	36.71
67	145	20.83	1.32	14.35	38.60
68	141	17.21	1.45	13.43	37.95
69	141	21.62	1.42	15.36	38.12
71	143	23.67	1.46	15.48	37.90
72	145	17.87	1.47	15.34	37.71
73	147	21.72	1.46	14.36	36.47
74	146	34.23	1.53	15.88	37.10
75	143	14.21	1.32	12.63	36.20
76	145	23.51	1.48	14.58	37.12
77	145	37.21	1.67	14.79	39.26
78	143	17.61	1.33	13.67	36.57
79	145	27.16	1.62	15.83	38.07
80	144	36.53	1.44	16.03	37.81
81	145	17.54	1.59	13.73	38.74

TIPO	DIAS DE FLOR	RENDIMIEN- TO (g)	ALTURA DE PLANTA (m)	DIAMETRO DE CAPITULO (cm)	% DE ACE TRANSFOR
135	143	16.64	1.34	14.53	37.19
136	145	17.12	1.45	13.92	38.11
137	150	23.85	1.46	15.41	38.10
138	145	23.82	1.44	17.03	37.99
140	147	26.68	1.46	16.29	38.64
141	146	19.80	1.63	16.21	37.50
142	145	29.03	1.22	15.50	36.01
143	147	20.52	1.51	15.20	35.15
145	144	17.13	1.38	13.07	37.77
146	146	13.77	1.50	14.69	38.90
147	151	43.10	1.76	17.03	37.69
148	138	15.22	1.32	13.56	38.36
149	143	12.58	1.09	13.03	36.06
150	135	4.65	1.15	10.98	38.81
151	145	10.10	1.36	11.93	35.72
152	143	13.15	1.27	13.29	36.67
153	146	19.07	1.38	15.60	37.92
154	148	20.30	1.54	15.51	33.84
155	143	8.20	1.21	14.31	37.76
156	147	46.66	1.40	15.19	35.74
157	144	28.48	1.45	14.38	36.76
158	147	14.63	1.27	12.20	34.86
159	149	23.59	1.46	14.83	37.62

CUADRO 4. Medias y rangos de 5 características agronómicas en girasol.

CARACTERISTICA	MEDIA	RANGO
Días a flor	144.00	135-159
Altura de planta (m)	1.40	1.09- 1.78
Rendimiento (g)	21.68 <i>1548.5</i>	4.65-93.03
Diámetro de ca- pítulo (cm)	14.25	11.13-20.33
% de aceite transformado	36.33	29.95-40.01

El rendimiento mostró un rango muy amplio, 4.65 a 93.03 gramos por planta con una media de 21.68 . Estos resultados, como ya se mencionó anteriormente, son debidos posiblemente al ataque de plagas y al tipo de muestreo efectuado para esta característica

El diámetro de capítulo tuvo una media de 14.25 cm con un rango de 11.13 a 20.33 cm. indicándonos que sería conveniente seleccionar capítulos alrededor de la media o mayor con lo cual, de acuerdo a la correlación obtenida entre el diámetro y rendimiento, se incrementaría éste último.

La media obtenida para contenido de aceite fué de 36.33% con un rango de 29.95 a 40.01%, siendo conveniente seleccionar los genotipos que se encuentren alrededor del rango superior.

En el Cuadro 5 se presentan los parámetros genéticos estimados para 5 características agronómicas del girasol. Podemos ver que la varianza genética (σ_g^2) para la característica diámetro de capítulo es cero, indicándonos que para este carácter no existió variabilidad genética, la cual puede deberse al criterio que se utilizó al seleccionar las familias en la población original de medios hermanos, el cual consistió en la selección de capítulos con diámetro similar, además se corrobora lo concluido por Fick (1978).

La varianza genética (σ_g^2), fenotípica (σ_f^2) y del error (σ_e^2) resultaron muy bajas para el carácter altura de planta (Cuadro 5). Dichos valores nos indican que la influencia del medio es muy poca, a pesar de que este carácter es considerado de efecto aditivo por algunos investigadores.

CUADRO \$ Parámetros genéticos para 5 características en girasol.

PARAMETROS	DIAS A FLOR	RENDIMIENTO	ALTURA DE PLANTA	DIAMETRO CAPITULO	% ACEITE TRANSFORMADO
σ_e^2	26.08	151.26	0.03	6.37	2.59
σ_g^2	0.20	8.95	0.0023	0.00	0.98
σ_f^2	8.78	59.37	0.01	-	1.85
H^2 (%)	8.38	41.52	47.91	-	81.95
EE(H^2)	0.04	1.381	0.00	-	0.068
Ganancia por ciclo	-	2.03	-	-	0.93

3
5

Los valores de heredabilidad en el sentido estrecho (Cuadro 5), resultaron inflados debido a que en la estimación de la varianza fenotípica no se pudo estimar el efecto de la interacción genotipo ambiente ocasionado por diferentes localidades debido a que los resultados se presentaron de una sola localidad.

Para el caracter contenido de aceite, el valor de heredabilidad fue de 81.95%, indicándonos que la mayor influencia es debido al genotipo de la planta y el efecto del medio ambiente es poco. Estas características tienen gran valor en el proceso de selección en el mejoramiento del cultivo. Fick (1975) obtuvo alta heredabilidad para este caracter, mencionando que podrían obtenerse incrementos en el contenido de aceite por selección de plantas individuales en generaciones tempranas, lo que fue corroborado posteriormente por Miller, Fick y Cedeño (1977) quienes obtuvieron un incremento de 12.4% en el contenido de aceite después de 3 ciclos de selección recurrente.

Alexander (1963), Putt (1975), reportan que para el caracter contenido de aceite en girasol, existe un amplio componente que es debido al efecto de la varianza genética aditiva.

Los valores de heredabilidad en el sentido estrecho para rendimiento y altura de planta fueron de 41.52% y 47.91%, respectivamente (Cuadro 5). Fick (1978) cita que Kloczowski en 1975 encontró que la heredabilidad para rendimiento basada en una simple planta fue de 18%, mientras que Pathak, citado por Fick (1978) obtuvo un valor de heredabilidad para este mismo caracter de 57%. Los

valores de heredabilidad obtenidos en el presente estudio para rendimiento, varían mucho con los obtenidos por Kloczowski (18%) y Pathak (57%). Fick (1978) sugiere que para rendimiento se puede hacer selección a través de componentes del rendimiento, tales como número de semillas por capítulo y peso de semilla, ya que estas características muestran alta heredabilidad. En nuestro caso podemos asumir que para rendimiento indudablemente que la heredabilidad está sobreestimada debido al efecto de la interacción genotipo ambiente que no se pudo estimar por la razón expuesta anteriormente.

El valor de heredabilidad para altura de planta fué de 47.91%. Pathak, Kloczowski y Shabana, citados por Fick (1978) reportan heredabilidades de 20, 49 y 90%, respectivamente, lo cual nos muestra un rango de heredabilidad muy amplio para este caracter. Resultados obtenidos por Putt (1966) y Fick (1978) indican que los efectos no aditivos, son más importantes que los aditivos en el control de la altura de planta, por lo que es de esperarse que los valores que se reportan deberán ser relativamente bajos.

La heredabilidad para días a floración fué muy baja (8.38%), pudiéndose atribuir a que el error experimental fué muy alto (26.08) y la varianza genética muy baja (0.20%). Dicho valor nos indica que la interacción genotipo ambiente enmascara el efecto genético. Shabana citado por Fick (1978) obtuvo un valor mayor al 90% el cual difiere mucho al obtenido en la presente investigación (8.38%).

En el programa de mejoramiento de girasol en la Universidad Autónoma Agraria " Antonio Narro " se persiguen 2 fines: incrementar el rendimiento y el contenido de aceite, por lo que debe ser una conclusión de cualquier método empleado, definir los valores de ganancia por ciclo para ambos caracteres. Los genotipos evaluados como familias de medios hermanos presentaron ganancias estimadas por ciclo de 2.03 g por planta para rendimiento, lo cual puede ser estimado en rendimiento por hectárea de acuerdo a las densidades de población en cada caso. Con respecto a contenido de aceite se predice una ganancia por ciclo de 0.93% y se considera que siendo altamente heredable, es susceptible de aprovecharse en los siguientes ciclos o buscar incrementarlo por selección. Estos valores indudablemente que pueden ser mejor estimados al controlar en mayor grado el efecto de la interacción genotipo ambiente, así como eliminar los daños ocasionados por pájaros que en gran medida afectaron los rendimientos de las familias en el experimento aquí reportado.

El valor del error estandar de la heredabilidad se encuentra dentro de los límites de confiabilidad para aceptar las estimaciones de la heredabilidad (Cuadro 5), para todas las características estudiadas, con excepción del diámetro de capítulo, el cual no fue posible estimarlo, ya que su valor de σ_g^2 resultó ser igual a cero.

En el Cuadro 6, se muestran las medias generales de 5 características de las 25 familias seleccionadas (presión de selección de 10%) tomándose las que presentaron el mayor porcentaje de aceite transformado. Estas líneas seleccionadas llevan genes deseables que con-

trolan el contenido de aceite, por lo cual sería recomendable que se continuara la selección recurrente dentro de estas 25 líneas para incrementar el contenido de aceite. El valor de heredabilidad de 81.95% para este carácter ofrece gran posibilidad para seleccionar las líneas con mayor contenido de aceite.

Para saber si existe relación entre las diferentes características agronómicas de mayor importancia, se calcularon sus correlaciones fenotípicas (Cuadro 7).

Existen correlaciones positivas y significativas entre rendimiento con días a floración ($r= 0.146$), altura de planta ($r= 0.377$) y diámetro de capítulo ($r= 0.600$), lo cual demuestra que el rendimiento será mayor en plantas con floración tardía, mayor altura y mayor diámetro de capítulo. La correlación entre rendimiento y diámetro de capítulo coincide con la obtenida por Burns (1970) y posteriormente por Ghanavati y Nahavandi (1981). Esta correlación nos permite seleccionar indirectamente para rendimiento en base al diámetro de capítulo.

Días a floración esta correlacionado positivamente con diámetro de capítulo ($r= 0.421$) y negativamente con porcentaje de aceite ($r= -0.159$). Porcentaje de aceite puede ser útil en la selección indirecta para contenido de aceite. Zapata (1981) cita que Putt (1963) encontró también correlaciones negativas entre días a floración y contenido de aceite.

La variable altura de planta mostró una correla-

ción positiva con diámetro de capítulo ($r=0.584$) y negativa con contenido de aceite ($r= -0.173$), lo cual nos indica que a menor altura mayor contenido de aceite y viceversa, pudiéndose seleccionar indirectamente para contenido de aceite en base a plantas bajas.

CUADRO 6 Medias de 5 características agronómicas de las 25 familias seleccionadas con alto contenido de aceite.

GENO-TIPO	DIAS A FLOR	RENDIMIENTO (g)	ALTURA DE PLANTA (m)	DIAMETRO DE CAPITULO (cm)	% ACEITE TRANSFORMAD
33	145	18.24	1.29	12.57	38.90
66	149	25.12	1.52	12.71	38.60
76	144	17.92	1.34	13.51	38.98
79	142	22.21	1.49	14.79	39.04
86	143	23.67	1.58	14.77	39.70
116	146	31.17	1.51	15.77	39.40
133	145	21.97	1.46	13.70	39.12
134	145	19.35	1.34	14.22	38.76
142	141	20.03	1.43	14.22	40.01
143	144	19.59	1.68	14.20	38.60
152	145	15.16	1.23	12.23	39.77
173	140	19.13	1.33	16.46	39.02
174	148	27.95	1.47	15.57	38.56
175	145	14.81	1.39	13.71	38.76
176	147	9.99	1.44	13.24	38.87
177	145	27.32	1.44	14.13	38.91
185	146	26.92	1.51	15.58	38.91
200	148	16.85	1.40	13.76	39.19
214	147	24.99	1.15	13.18	39.00
215	144	15.75	1.18	13.03	38.78
227	145	37.21	1.67	14.79	39.74
231	145	17.54	1.59	13.73	38.74
240	147	26.68	1.46	16.29	38.90
246	146	13.77	1.50	14.69	38.90
250	135	4.65	1.15	10.98	38.81

CUADRO 7 Correlaciones fenotípicas entre 5 características agronómicas en girasol.

	DIAS A FLOR	ALTURA DE PLANTA	DIAMETRO DE CAPITULO	RENDIMIENTO	% ACEITE TRANSFORMADO
DIAS A FLOR	----	0.599**	0.421**	0.146*	-0.159*
ALTURA DE PLANTA	----	----	0.584**	0.377**	-0.173**
DIAMETRO DE CAPITULO	----	----	----	0.600**	-0.087
RENDIMIENTO	----	----	----	----	-0.055

* Significativo al .05 de probabilidad

**Significativo al .01 de probabilidad

RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el presente estudio se evaluaron 240 familias de medios hermanos de girasol derivadas de la población TSAR_{CO} con el fin de iniciar el primer ciclo de selección recurrente a través de capítulo por surco modificado, en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria " Antonio Narro " durante 1982.

El análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas para contenido de aceite, por lo que asume que es posible tener ganancia genética para dicho carácter a través de selección recurrente. Debido al daño ocasionado por pájaros y otras plagas, no se encontraron diferencias significativas para las otras características, tales como días a floración, altura de planta y diámetro de capítulo. Las plantas que presentaron 180° de inclinación con respecto al tallo, mostraron menor daño por el pájaro, que las que tenían menor grado de inclinación.

De los 240 genotipos estudiados, 25 han sido identificados con alto contenido de aceite, el cual fluctúa entre 38.56% y 40.01%, los cuales deberán recombinarse para poder continuar la metodología propuesta de selección recurrente.

El carácter contenido de aceite registró alta heredabilidad en el sentido estrecho (81.95%), indicando mayor influencia del genotipo de la planta. Este carácter tiene mayor ventaja en la selección de plantas individuales, en generaciones tempranas para el programa de girasol.

Las familias de medios hermanos presentaron una ganancia predicha por ciclo de 2.03 g de rendimiento por planta y 0.93% para contenido de aceite, concluyéndose por lo tanto que a través de la selección recurrente se pueden seguir incrementando estos caracteres, debido a la variabilidad presentada por las familias evaluadas.

El rendimiento tiene correlaciones positivas y significativas con 3 características, tales como días a floración, altura de planta y diámetro de capítulo. Estas características pueden ser utilizadas en forma indirecta para obtener mayor rendimiento. Altura de planta tiene una asociación positiva con diámetro de capítulo y negativa con contenido de aceite.

En base a la presente investigación, es necesario conducir estos estudios en el mayor número de localidades posibles y evitar el daño ocasionado por los pájaros para la obtención de mejores resultados.

Para obtener información más precisa sobre la ganancia genética de las características agronómicas estudiadas, sería conveniente obtener los datos de 15 ó 20 plantas muestreadas por familia, con 4 ó 6 repeticiones en cada localidad.

En estos estudios, es necesario complementar el carácter porcentaje de aceite por planta individual con el de rendimiento de semilla de la misma, para saber en forma detallada el potencial total del genotipo, así mismo formar un índice de selección para rendimiento y contenido de aceite .

BIBLIOGRAFIA

- Alexander, D. E. 1963. The "Lysenko Method" of increasing oil content of sunflower. *Crop Sci.* 3: 279-280.
- Allard, R. W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Trad. José L. Montoya. 4^a Ed. Ediciones Omega S. A., Barcelona, España.
- Burns, R. E. 1970 Head size of sunflower as an indicator of plot yields. *Agron. J.* 62: 651-654.
- Burton, J. W., L. H. Penny, A. R. Hallauer, and S. A. Everhart. 1971. Evaluation of synthetic populations developed from a maize variety (BSK) by two methods of recurrent selection. *Crop Sci.* II: 361-365.
- Carangal, V. R., S. U. Ali, A. F. Koble, E. H. Rinke, and J. C. Sentz. 1971. Comparison of S_1 with testcross evaluation for recurrent selection in maize. *Crop Sci.* II: 658-661.
- Compton, W. A. and R. E. Comstock. 1976. More on modified ear-to-row selection in corn. *Crop Sci.* 16: 122.
- Espinoza, Z. C. 1981. Selección masal estratificada para contenido de aceite en girasol *Helianthus annuus* L. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".
- Falconer, D. S. 1981. Introducción a la genética cuantitativa.

Trad. Dr. Fidel Márquez S. II^a impresión. Cía. Editori Continental, S. A. México.

Fick, G. N., Zimmer D. E., and Zimmerman, D. C. 1974. Correlation of seed oil content in sunflower with other plant and seed characteristics. *Crop Sci.* 14: 755-757.

Fick, G. N. 1975. Heritability of oil content in sunflower. *Crop Sci.* 15: 77-78.

Fick, G. N. 1978. Breeding and genetics. In: *Sunflower Science and technology*. Agronomy 19. The American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, U. S. A.

Frey, K. J. 1967. *Plant Breeding*. 2^a Ed. The Iowa State University Press. Ames, Iowa, U. S. A.

Genter, C. F. 1973. Comparison of S_1 and testcross evaluation after two cycles of recurrent selection in maize. *Crop Sci.* 13: 524-527.

Ghanavati, N. A., E. Nahavandi, and A. Ghaderi. 1981. Breeding sunflower for semi-arid regions. *J. Agric. Sci., Camb.* 96: 447-449.

Goulas, C. K. and J. H. Lonquist. 1976. Combined half-sib and S_1 family selection in a maize composite population. *Crop Sci.* 16: 461-464.

Hallauer, A. R. and J. B. Miranda. 1981. *Quantitative genetics in maize breeding*. Iowa State University Press. Iowa, U. S. A.

- modifying combining ability in corn. *Agron. J.* 43: 311-315.
- Lonnquist, J. H. 1964. A modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize populations. *Crop Sci.* 4: 227-228.
- McGill, D. P. and J. H. Lonnquist. 1955. Effects of two cycles of recurrent selection for combining ability in an open-pollinated variety of corn. *Agron. J.* 47: 319-323.
- Miller, J. F., G. N. Fick, and J. R. Cedeño. 1979. Improvement of oil content and quality in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Breeding Abstracts.* 49: 604.
- Miller, J. F., J. J. Hammond, and W. W. Roath. 1980. Comparison of inbred vs. single-cross testers and estimation of genetic effects in sunflower. *Crop Sci.* 20: 703-706.
- Ostle, B. 1981. *Estadística aplicada*. Trad. Ing. Dagoberto de la Serna Valdivia. 7^a reimpresión. Editorial Limusa, S. A. México.
- Poehlman, J. M. 1971. *Mejoramiento genético de las cosechas*. Trad. Nicolás Sánchez Durón. 2^a reimpresión. Editorial Limusa-Wiley, S. A. México.
- Putt, E. D. 1943. Association of seed yield and oil content with other characters in the sunflower. *Sci. Agr.* 23: 377-383.

- 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.
- Reyes, C. P. 1980. *Bioestadística aplicada*. Editorial Trilla México.
- Russell, W. A. 1953. A study of the interrelationships of seed yield, oil content, and other agronomic characters with sunflower inbred lines and their top crosses. *Can. J. Agr. Sci.* 33: 291-313.
- Saumel, H. 1976. *Girasol, técnicas actualizadas para su mejoramiento y cultivo*. 1^a Ed. Editorial Hemisferio Sur.
- Scott, G. E. and E. E. Rosenkranz. 1974. Effectiveness of recurrent selection for corn stunt resistance in a maize variety. *Crop Sci.* 14: 758-760.
- Smith, O. S. 1979. A model for evaluating progress from recurrent selection. *Crop Sci.* 19: 223-225.
- Snedecor, G. W. y W. G. Cochran. 1977. *Métodos estadísticos*. Trad. Dr. J. A. Reynosa Fuller. 4^a impresión. Editorial CECSA., México.
- Thompson, T. E., G. N. Fick, and J. R. Cedeño. 1979. Maternal control of seed oil percentage in sunflower. *Crop Sci.* 19: 617-619.
- Vranceanu, A. V. 1977. *El girasol*. Trad. A. Guerrero G. Edi-

ciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Webel, O. D. and J. H. Lonquist. 1967. An evaluation of modified ear-to-row selection in a population of corn (Zea mays L.). Crop Sci. 7: 651-654.