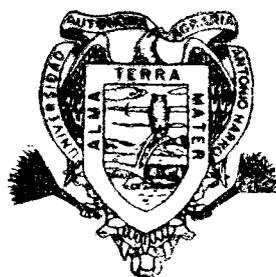


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

PROGRAMA DE GRADUADOS



SELECCION RECURRENTE A TRAVES  
DE LINEAS  $S_1$  EN GIRASOL

*Helianthus annuus L.*

P O R :

EDGAR EDMUNDO GUZMAN MEDRANO

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS  
ESPECIALIDAD FITOMEJORAMIENTO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO

JUNIO DE 1984

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL - PARA OPTAR AL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS, ESPECIALIDAD FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

ASESOR PRINCIPAL:

*Eleuterio López Pérez*  
DR. ELEUTERIO LÓPEZ PÉREZ

A S E S O R :

A S E S O R :

*Sathyannarayanaiah Kuruvadi*  
SATHYANARAYANAAIAH KURUVADI

*Humberto Alvarado S.*  
ING. M.C. HUMBERTO ALVARADO S.

SUBDIRECTOR DE ASUNTOS DE POSTGRADO

*Jesús Torralba Elguézabal*  
DR. JESÚS TORRALBA ELGUÉZABAL

Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"



BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

DEDICATORIA

A LA MEMORIA DE MIS PADRES:

CORONEL LEONARDO GUZMAN P.  
GERTRUDIS MEDRANO DE GUZMAN

A MI ESPOSA:

ERENDIRA

A MIS HIJOS:

LILZY, EDGAR EDMUNDO, XAVIER Y  
LEONARDO

EN ESPECIAL A LA MEMORIA DE MI HIJA:

ERENDIRA

## AGRADECIMIENTOS

AL DR. ELEUTERIO LÓPEZ PÉREZ, POR SU INVALUABLE  
ASESORÍA, REVISIÓN Y SUGERENCIAS EN EL DESARROLLO  
DE ESTE TRABAJO.

AL DR. SATHYANARAYANATHA KURUVADI, POR SU ASESORÍA,  
COLABORACIÓN Y ORIENTACIONES DURANTE LA ELABORACIÓN  
DE ESTE ESTUDIO.

AL ING. M.C. HUMBERTO ALVARADO SÁNCHEZ, POR SU  
APOYO Y COLABORACIÓN EN LA CULMINACIÓN DE ESTA  
TESIS.

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO",  
MI ALMA MATER, POR BRINDARME LA OPORTUNIDAD DE  
CONTINUAR EN EL SENDERO DE MI SUPERACIÓN PERSONAL

A MI ESPOSA ERÉNDIRA, POR SU PERSEVERANTE APOYO  
DURANTE EL DESARROLLO DE MIS ESTUDIOS DE POSTGRADO.

A LA SRITA. CARMEN LETICIA AYALA LÓPEZ, POR SU  
COLABORACIÓN EN LA ELABORACIÓN MECANOGRÁFICA DE  
ESTE TRABAJO.

## I N D I C E

	PÁG.
INTRODUCCION . . . . .	1
OBJETIVOS . . . . .	2
REVISION DE LITERATURA . . . . .	3
MATERIALES Y METODOS . . . . .	18
RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	32
RESUMEN Y CONCLUSIONES . . . . .	71
LITERATURA CITADA . . . . .	74

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
1	Forma de análisis de varianza dado a cada - caracter, con las esperanzas de cuadrados - medios en un ambiente.	23
2	Forma del análisis de varianza combinado, da do para un caracter, con las esperanzas de - cuadrados medios.	26
3	Forma del análisis de covarianza de donde se estiman los componentes de las covarian - zas genéticas.	30
4	Análisis individual de varianza de siete ca- racterísticas agronómicas de las 152 líneas S <sub>1</sub> , que integraron los ocho grupos, evalua - dos en dos localidades.	33
5	Valores medios ( $\bar{x}$ ), error estándar de las me dias ( $S_{\bar{x}}$ ) y coeficientes de variación de las siete características en los dos ambientes.	35
6	Valores medios de los ocho grupos en la lo- calidad de Agua Nueva, para cuatro caracte- rísticas.	37

Cuadro No.		Pág.
7	Parámetros genéticos de las siete características de girasol en la Localidad de Agua Nueva.	39
8	Correlaciones fenotípicas entre las siete características de girasol en Agua Nueva - (Localidad 1).	41
9	Rangos de las diferentes características estudiadas en cada una de las localidades.	43
10	Medias de las siete características de las mejores 25 familias $S_1$ , en la localidad de Agua Nueva, seleccionadas por alto contenido de aceite.	44
11	Valores medios de los ocho grupos en la localidad U.A.A. "A.N." para cuatro características.	48
12	Parámetros genéticos de las siete características en U.A.A. "A.N." (Localidad 2).	50
13	Correlaciones fenotípicas entre siete características en U.A.A. "A.N."	51
14	Medias de las siete características de las mejores 25 familias $S_1$ en la localidad U.A.A. "A.N." seleccionadas por alto contenido de aceite.	53
15	Análisis de varianza combinado para los siete caracteres medidos, en 152 líneas $S_1$ , en dos localidades	55

Cuadro No.		Pág.
16	Valores medios ( $\bar{x}$ ), error estándar de las medias ( $S_{\bar{x}}$ ) y coeficientes de variación de las siete características en el análisis combinado.	59
17	Parámetros genéticos de siete características de girasol, del análisis combinado de las localidades Agua Nueva y U.A.A."A.N."	62
18	Ganancias esperadas por ciclo en las líneas $S_1$ , para rendimiento y contenido de aceite considerando tres situaciones con el mismo número de repeticiones.	64
19	Ganancias por ciclo y heredabilidad esperadas para el contenido de aceite y el rendimiento, considerando diferente número de ambientes y repeticiones para las condiciones de las localidades en que se evaluaron las líneas $S_1$ (tres estaciones por año).	65
20	Correlaciones fenotípicas entre las siete características en el análisis combinado para las localidades Agua Nueva (Localidad 1) y U.A.A."A.N." (Localidad 2).	66
21	Medias de siete características de las mejores 25 familias $S_1$ en las dos localidades, seleccionadas jerárquicamente por su porcentaje de contenido de aceite.	69

## INTRODUCCION

El efectuar en un cultivo una selección sistemática de individuos deseables, seguida de una evaluación y recombinación posterior, ha sido el método moderno practicado por los fitojoradores, buscando en esa forma, incrementar gradualmente frecuencia de alelos favorables para sus objetivos primarios. Este método sistemático es reconocido como selección recurrente y su efectividad depende de la variabilidad genética, las frecuencias génicas de la población original y de la heredabilidad de las características bajo selección.

Los métodos de selección recurrente son aplicables intrablastralmente cuando el objetivo es aprovechar los efectos génicos aditivos con dominancia parcial o completa, e interblastralmente cuando las metas son aprovechar la heterocis para los diferentes loci que controlan los caracteres bajo estudio.

La selección entre líneas  $S_1$  o autohermanos, ha sido empleada para el mejoramiento de poblaciones de girasol *Helianthus annuus* L., cuando los objetivos básicos han sido incrementar el rendimiento, el porcentaje de aceite y la derivación de líneas homocigóticas para usarse en programas de hibridación; especialmente cuando las líneas endocriadas presentan plena fertilidad, las cuales se usan en programas que incluyen la utilización de androesterilidad y restauración genético-citoplásmica.

La respuesta a la selección recurrente entre progenies  $S_1$

generalmente ha sido positiva y conduce por si misma a la evaluación de la mayoría de las características en base a progenies, debido a que la heredabilidad de plantas individuales generalmente es menor que la heredabilidad estimada en base a ensayos de rendimientos de líneas  $S_1$ , en donde éstas se someten a varias repeticiones.

La selección basada en progenies endocriadas tendrá un tiempo generacional más corto, cuando se disponga de un mayor número de estaciones de crecimiento durante el año, lo cual aumenta la ganancia de la selección.

El método de selección recurrente entre líneas  $S_1$ , provee al fitomejorador en forma rápida, de materiales que ya han sido evaluados en una generación y es teóricamente más efectivo para cambiar las frecuencias génicas con efectos aditivos que los métodos de selección a través de cruza de prueba.

En el presente estudio, se utilizó el método de selección recurrente entre progenies  $S_1$ , en una población de amplia base genética formada en el Programa de Fitomejoramiento del Girasol de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

Los objetivos del trabajo fueron:

1. Estimar las ganancias genéticas para caracteres de girasol.
2. Calcular la heredabilidad para los mismos caracteres.
3. Estudiar las correlaciones y los coeficientes de determinación, entre las características de mayor importancia agronómica.

## REVISION DE LITERATURA

Vrânceanu *et al* (1974), indicaron que la productividad - una cualidad compleja, que expresa de hecho la capacidad - todo el organismo de producir lo más posible. Por eso, todos los caracteres que condicionan, directa o indirectamente, obtención de gran producción de semillas, con un contenido máximo de aceite, constituyen objetivos de igual importancia la mejora del girasol.

La producción de aceite es el resultado de dos caracteres básicos en cuyo sentido se efectúa con prioridad la mejora del girasol: la producción de semillas y el contenido de aceites de ellas.

La producción de las semillas está condicionada primero por los elementos que forman la estructura de la inflorescencia y de los frutos: el número de semillas por capítulo, número de flores por fila, proporción de las flores que fructifican y peso de 1000 semillas.

El conocimiento de los mejores índices que determinen la productividad máxima, forma la base de la mejora de todas las plantas, independientemente de los métodos de selección utilizados. Al comienzo de la selección hay que tomar en consideración, primeramente, los elementos estructurales de la producción que fluctúan en menor grado.

Fick (1978), expuso que los objetivos más importantes en mejoramiento de girasol incluyen el mejorar el rendimiento

de semilla, obtener madurez temprana, tamaño pequeño de la planta, uniformidad en el tipo de las plantas y resistencia a enfermedades y al ataque de los insectos. Un alto porcentaje en el contenido de aceite es importante en el mejoramiento del girasol cuyos objetivos sea la producción del mismo mientras que el buen tamaño de la semilla, un alto porcentaje entre almendra y cáscara, uniformidad en el tamaño, forma y color son los objetivos más importantes en mejoramiento y selección del girasol cuando sus fines no son la producción de aceite. El énfasis en los objetivos específicos difiere en las diversas áreas productoras y en los diferentes programas de mejoramiento, aunque los enumerados son los que comunmente se persiguen en las áreas de mayor producción como son las grandes planicies de Estados Unidos de Norte América y Canadá. La demanda en el consumo y los factores económicos, pueden agregar otros objetivos como el mejoramiento en la calidad del aceite, en el porcentaje de proteína y en la calidad de la misma.

Así mismo, para Saumel (1978), los principales objetivos del mejoramiento de las variedades de girasol son: alta producción de frutos por capítulo, alto porcentaje de materia grasa en la semilla, adecuada relación pericarpio-semilla, resistencia a enfermedades y plagas, y resistencia al quebrado o vuelco del tallo, ciclo corto; altura la menor posible; capítulo único y resistente a la dehiscencia natural (plano cóncavo con involucro fuerte y abrasador).

Sinskaia (1963), citado por Vrânceanu (1974), concluyó que el conocimiento de la estructura de las poblaciones de girasol en cuanto a la reacción fotoperiódica, permite la mejora de la adaptabilidad ecológica y la creación de tipos constantes y uniformes respecto a los caracteres morfológicos y al período de vegetación.

Vrânceanu *et al* (1974), sostienen que las primeras variedades de girasol para aceite aparecieron en las zonas de este

pa y silvoestepa del sureste de Rusia, adaptándose de este modo a las condiciones locales de clima y suelo. La mejora científica del girasol se basó desde el principio en las formas locales creadas por selección popular. Entre los primeros que se preocuparon por la mejora del girasol hay que recordar a Karzín que desde 1898, creó la variedad de girasol "Pantrini" con semillas con una capa carbonógena, resistente al ataque de la polilla.

#### ASPECTOS GENERALES SOBRE SELECCION RECURRENTE

El girasol es un cultivo con flores perfectas pero por efectos de protandria se comporta como una especie halógama, su polinización se efectúa especialmente por insectos, aunque también se presenta un bajo porcentaje de autopolinización. La mayoría de los métodos empleados en el mejoramiento del maíz y de otros cultivos de polinización cruzada son aplicables al girasol con ciertas modificaciones imprescindibles debido a sus características morfológicas y a su proceso de floración.

Los métodos de selección recurrente juegan por lo tanto un papel de primera importancia en el cultivo y en los diferentes programas los fitomejoradores los aplican de acuerdo a sus objetivos, con las modificaciones que se presten para obtener logros efectivos en corto plazo, estos métodos no reemplazarán a otros sistemas de mejoramiento pero sí pueden integrarse con ellos.

Hallauer y Miranda (1981), aseveran que los programas de mejoramiento de maíz incluyen tres fases importantes para cumplir con los objetivos de corto, mediano y largo plazo: 1) Selección del germoplasma; 2) Selección cíclica en el germoplasma elegido; y 3) Desarrollo de líneas para usarse como material progenitor en la producción de cruza híbridas simples (para las áreas en las que se requirieren híbridos) y desarrollo de

variedades mejoradas, sintéticas y compuestas (para áreas donde no se justifica la producción de híbridos).

Después de elegir el germoplasma a usar, el siguiente paso es implementar algún programa de selección cíclica para mejorar el nivel general de comportamiento; madurez fisiológica raíces y tallos, resistencia a plagas y enfermedades o rendimiento.

Un aspecto importante es que el material superior seleccionado, también deberá ser recombinado para resintetizar la población básica. La recombinación de las mejores progenies incrementará en ciclos futuros, la oportunidad de aislar una mayor frecuencia de progenies, que reúnan las normas deseadas para la mayoría de las características. Probablemente, ninguna de las progenies seleccionadas reunirá las normas deseadas para todas las características, pero por lo menos las progenies seleccionadas serán mejores que una muestra tomada al azar.

El principal objetivo de los procedimientos de selección recurrente es aumentar gradualmente la frecuencia de alelos favorables para los objetivos primarios de los fitomejoradores. Presiones de selección constantes y recombinación de progenies que posean genes que reúnan las normas establecidas por los mejoradores, desarrollarán poblaciones básicas mejoradas que incrementarán las posibilidades de obtener mejores líneas e híbridos. Si el programa de mejoramiento no se ha desarrollado hasta el punto de usar líneas e híbridos, los procedimientos de selección recurrente pueden desarrollar variedades que sean usadas directamente por los agricultores. El éxito relativo de la selección recurrente, depende de la complejidad de las características bajo selección y de las técnicas experimentales disponibles.

El uso de técnicas de selección recurrente para mejorar el rendimiento no ha sido tan impresionante y consistente co .

mo para otras características que poseen una mayor heredabilidad, para las cuales se dispone de técnicas que minimizan los efectos del ambiente.

Fick (1978), como resultado de un trabajo en la formación de híbridos con alto contenido de aceite a través de selección de líneas  $S_1$ , señaló que la selección recurrente ha mostrado ser uno de los mejores métodos para incrementar la frecuencia de genotipos deseables de una población original, aumentando así la probabilidad de éxito en el aislamiento de líneas originales superiores. Distingue dos tipos de selección recurrente:

1. Selección fenotípica recurrente: en este caso el fenotipo de las plantas  $S_0$  es la base de la selección.
2. Selección genotípica recurrente, en la cual la prueba de progenies son la base de la selección.

En algunos ciclos de selección recurrente se requiere de autofecundaciones y evaluación de plantas seleccionadas prosi guiéndose con la recombinación de sus progenies para producir la semilla que conformará el siguiente ciclo de selección.

Los esquemas de mejoramiento por selección recurrente son métodos de mejoramiento para largo plazo, siendo benéficos para el mejoramiento de caracteres cuantitativos, manteniéndose la variabilidad genética y lográndose la adaptación del germa plasma exótico (Hallauer, 1980).

Welsh (1981) plantea que el éxito de la selección recurrente consiste en la identificación correcta de los principales individuos de una población con una frecuencia incrementada de los alelos deseables. Los dos métodos alternativos para la identificación de esos individuos son:

1. Identificación de los individuos portadores de genes

favorables por su fenotipo sin la evaluación de sus progenies, siempre que el fenotipo exprese muy cercanamente su genotipo. Esto es aplicable a características cualitativas altamente heredables, tales como: resistencia a enfermedades y tamaño de las semillas.

2. Cuando las características no son fácilmente identificables en los individuos por seleccionar, será necesario ejecutar la prueba de progenies. Midiendo un grupo de descendientes se puede evaluar el genotipo progenitor o materno.

La selección recurrente es aplicable, por lo que parece, a todas las situaciones en las cuales es posible una evaluación fenotípica razonablemente exacta. En todos los casos en los cuales una suficiente cantidad de datos ha sido acumulada como para proveer una base para la evaluación del método. Este parece ser altamente efectivo. Los primeros informes respecto a la efectividad del método se refieren a la selección para aumento en el porcentaje de aceite en el grano de maíz. (Sprague 1955).

Sprague y Brimhall (1950) y Sprague *et al* (1952), han presentado datos contrastando la relativa efectividad de la selección recurrente contra la obtención de líneas a través de la endogamia directa de una población no mejorada para el porcentaje de aceite del grano (maíz). Los dos informes hacen uso de material de origen no relacionado. En cada serie se analizan, para porcentaje de aceite, un número de mazorcas autopolinizadas. Como material fundamental para la evaluación de los dos sistemas contrastantes de mejoramiento, fueron escogidas diez mazorcas, exhibiendo un alto porcentaje de aceite. Se hizo todo el esfuerzo para conservar el área de terreno, el número de poblaciones y el número de análisis químicos esencialmente constante para los esquemas contrastantes. Cualquier diferencia en los resultados, por lo tanto, debería proveer una medi

de las poblaciones no relacionadas, están esencialmente de acuerdo al indicar que la selección recurrente fue superior a la endogamia y selección usuales por un factor de 2 a 5. Aún con esta marcada ventaja, la efectividad de la selección recurrente está ciertamente subestimada. La variabilidad genética en la serie de autopolinización se había agotado notablemente después de cinco generaciones de endogamia. En la serie recurrente solo había evidencia de una ligera reducción en la variabilidad, indicando que aun serían efectivas repeticiones adicionales del ciclo. La marcada superioridad de la selección recurrente, parece existir en la fijación menos rápida de los genes, ofreciendo así, una mayor oportunidad para la selección

Allard (1960), explica que en la década de 1940, se desarrolló un sistema de mejora al que se le dió el nombre de selección recurrente, con la ventaja de que el tope está determinado no por el genotipo de una sola planta funcional, sino por la combinación más favorable de genes contenida en un grupo de plantas funcionales. De esta forma, se aumentaría la probabilidad de obtener individuos superiores en comparación con la selección dentro de las líneas obtenidas por autofecundación o por consanguinidad, ya que existen mas oportunidades para la recombinación. Al mismo tiempo, puesto que se puede mantener con cuidado la proporción de consanguinidad a un nivel bajo, sería posible mantener alta la variabilidad genética y por lo tanto, proporcionar una selección efectiva durante un período mas largo.

En la selección recurrente se seleccionan los genotipos superiores y estos genotipos o sus descendencias procedentes de autofecundación, se entrecruzan en todas las formas posibles para producir nuevas poblaciones y volver a seleccionar. Este proceso ayuda al mantenimiento de la frecuencia génica del material seleccionado. Los genotipos que se utilizarán como padres para la generación siguiente, se escogen mediante la comparación de descendencias cuando los caracteres que se seleccionan (rendimiento, por ejemplo), son de difícil evalua

ción en una apreciación fenotípica de plantas. Las comparaciones de descendencia no son necesarias cuando se efectúa la selección por caracteres de fácil identificación mediante observación visual o con pruebas individuales sencillas de plantas

### Selección Recurrente Entre Líneas $S_1$

Hallauer y Miranda (1982), indicaron que en maíz, la selección recurrente entre progenies  $S_1$  ha sido utilizada para mejorar varias características. La respuesta a la selección recurrente entre progenies  $S_1$ , generalmente ha sido positiva y conduce por si misma a la evaluación de la mayoría de las características en base a progenies. El coeficiente de  $\sigma_A^2$  es 1 para el modelo genético con restricción y se obtiene una estimación de  $\sigma_A^2$  para la población bajo selección mediante el componente de varianza de las progenies  $S_1$ . Las mayores heredabilidades resultantes en ensayos de evaluación de progenies con repeticiones, fue la razón por la cual Penny *et al* (1967) y Jinahyon y Russel (1969 a), usaron evaluación de progenies  $S_1$  en lugar de plantas  $S_0$  para seleccionar individuos que posean resistencia a la primera generación del gusano barrenador europeo y pudrición del tallo.

Genter y Alexander (1962), Burton *et al* (1971) y Genter (1973), encontraron que ambas metodologías de Selección ( $S_1$  y cruzas de prueba), mejoraron las poblaciones para obtener líneas  $S_1$  más rendidoras, pero la ganancia fue mayor con la selección entre progenies  $S_1$ . En casi todos los casos, la depresión consanguínea fue menor para líneas  $S_1$  extraídas de poblaciones mejoradas con selección de cruzas de prueba.

Brauer (1978), refiere que Jenkins en 1940, propuso aplicar el método de líneas  $S_1$  con el nombre de selección recurrente para desarrollar variedades sintéticas en maíz. Las variedades sintéticas son las que se forman mezclando un conjunto de líneas preferiblemente en la generación  $S_1$ , en las cua-

les se ha identificado una alta aptitud combinatoria general. El principio de estas variedades sintéticas es, entonces, que al mezclar las líneas de buena aptitud combinatoria general, se deberían obtener híbridos múltiples altamente procutivos, por existir también un alto grado de heterosis.

Jinhayon y Russell (1969), utilizaron selección recurrente entre líneas  $S_1$ , durante tres ciclos sucesivos, para mejorar la resistencia a la podredumbre en la variedad de maíz Lancaster. En cada ciclo la selección se basó en la resistencia a la podredumbre de planta  $S_1$  autofecundadas y de progenies  $S_1$  en ensayos con repeticiones, haciéndose inoculaciones artificiales en cada ciclo. El número de líneas seleccionadas varió entre el 6.5% al 12% del total de líneas ensayadas. Luego de tres ciclos, se obtuvo una población mejorada en la cual prácticamente todas las líneas  $S_1$  derivadas tenían mayor resistencia a la podredumbre, que la mejor de las líneas obtenidas de la población original, 42 líneas  $S_1$  de la población mejorada fueron resistentes, mientras que ninguna de la población original lo fue. Esto indica que hubiera sido mucho más difícil extraer líneas resistentes de la población original que de la población mejorada.

Penny, Scott y Guthrie (1967), evaluaron la respuesta de selección a la resistencia a la primera generación del barrenador del tallo en maíz, después de tres ciclos de selección recurrente entre líneas  $S_1$ , cinco variedades sintéticas fueron mejoradas infectando artificialmente las progenies  $S_1$ . El número de líneas seleccionadas varió entre el 9% y el 40%. Se compararon 100 líneas  $S_1$  extraídas de cada uno de los ciclos de selección, en cada una de las poblaciones. Pocas de las líneas extraídas de los sintéticos no mejorados resultaron resistentes, en consecuencia, resulta más fácil seleccionar líneas resistentes en las poblaciones del tercer ciclo, que en las originales.

Los primeros resultados obtenidos en la selección por rendimiento, en que las evaluaciones se hacían después de solo uno o dos ciclos, indican aumentos de poca magnitud; pero estudios más recientes, en -

Burton *et al* (1971), presentaron los resultados de un trabajo, en el que hicieron cuatro ciclos de selección recurrente basada en la evaluación de progenies  $S_1$ . Las poblaciones autofecundadas eran, en realidad, compuestos  $S_1$  y representaban poblaciones en las que la heterocigosidad estaba reducida en un 50% por una generación de autofecundación. Los resultados obtenidos mostraron dos detalles interesantes: 1) El rendimiento de las poblaciones autofecundadas aumentó de 37.5 a 52.0 Q/ha; 2) La depresión del rendimiento por endogamia se redujo del 38.2% en las poblaciones  $C_0$  al 26.3%, en  $C_4$ . Esto permite suponer que las líneas seleccionadas de  $C_4$ , si se las continuara endocriando hasta llegar prácticamente a la homocigosis, tendrían un mejor rendimiento "*per se*", o serían mejores productoras de semillas, que las líneas extraídas de la población  $C_0$ . Las frecuencias génicas en los loci que influyen sobre el rendimiento, tuvieron un aumento significativo.

En el caso de que existan correlaciones positivas entre el rendimiento "*per se*" de las líneas y sus rendimiento en combinaciones híbridas, podemos suponer que las líneas  $C_4$  producirían híbridos de mayor rendimiento que las líneas  $C_0$ .

Carangal *et al* (1971) y Genter (1973), trabajando sobre evaluación de progenies  $S_1$  y cruzas de pruebas tratando de mejorar el rendimiento en dos poblaciones de maíz, durante dos ciclos de selección recurrente, encontraron que la varianza genética para rendimiento en el primer ciclo, fué altamente significativa entre progenies autofecundadas ( $S_1$ ) en comparación con la evaluación de cruzas de prueba. La selección de líneas  $S_1$  mejoró considerablemente la población *per se* y la selección de cruzas de pruebas mejoró la aptitud combinatoria general. Concluyeron que la selección de progenies  $S_1$  fue más efectiva que la selección de cruzas de prueba, al incrementar las frecuencias génicas que contribuyeron al rendimiento, ya sea en líneas derivadas o en poblaciones híbridas.

Paralelamente a la selección para incrementar la resisten-

cia a plagas de insectos y enfermedades se han mejorado las principales características y calidades de los productos del girasol, caracterizándose las nuevas variedades e híbridos por poseer mayor productividad y uniformidad.

El primer método de mejoramiento usado en este cultivo fue el de selección masal y aun se sigue usando, aunque ahora se utiliza el método de selección masal moderna o estratificada. Se han aplicado todos los métodos de selección recurrente, tanto intrapoblacional como interpoblacional según los objetivos de cada uno de los fitomejoradores o de los programas en que éstos trabajan.

Después de obtener las variedades resistentes a enfermedades y plagas, se dedicaron los mejoradores a incrementar el rendimiento y especialmente el contenido de aceite de la semilla, para éso, ha sido necesario llegar a conocer la expresión o el valor de cada carácter y su capacidad de transmitirse a la descendencia, además, se considera indispensable conocer también las correlaciones existentes entre los mismos caracteres para buscar en los genotipos sus combinaciones más deseables.

Ghanavati, Nahabandi y Ghaderi (1981), usando selección recurrente, encontraron en poblaciones de girasol de regiones semiáridas de Irán, diferencias altamente significativas entre altura de planta, madurez y diámetro del capítulo.

Fanjul (1976), a través del método de selección masal modificado, en segregantes de cruces de girasol cultivado *Helianthus annuus* L. por silvestre *H. annuus* L., encontró que la selección masal, método modificado, ajustando producción por planta individual, es eficiente para eliminar parcialmente, el efecto del medio ambiente para el carácter rendimiento de aquenio, pero no fue efectivo para la producción de aquenio, altura de planta y diámetro de capítulo. Se observó una correlación positiva entre pigmentación negra en la semilla y la re-

stencia a plagas.

Fick y Rehder (1977), después de tres ciclos de selección corriente a través de líneas  $S_1$  en poblaciones originales, encontraron que el porcentaje de aceite se incrementó de 41.9% a 45.8% en la variedad "Cernianka 66" y de 46.1% a 45.8% en el compuesto integrado por doce variedades.

Fick (1978), reportó que después de un solo ciclo de selección recurrente usando evaluación de progenies  $S_1$  en girasol y con una intensidad de selección del 20%, el rendimiento semilla de una población sintética formada por doce variedades, fue incrementada en un 6.9%.

Céspedes (1982), en su estudio en una población segregante formada por híbridos, concluye que el método de selección corriente entre líneas  $S_1$  es un recurso efectivo y puede ser utilizado para mejorar las características de contenido de aceite y rendimiento en girasol, y que en general, la respuesta a la selección (ganancia genética), se espera que sea favorable para las dos variables estudiadas.

#### Aspectos sobre heredabilidad

Falconer (1977), menciona que la heredabilidad no es una propiedad del carácter únicamente, sino que también lo es de la población y de los aspectos ambientales a que están sometidos los individuos. Por esta razón, la heredabilidad es usada en las fórmulas relacionadas con los métodos de mejoramiento.

Fick (1975), reportó que la heredabilidad del contenido de aceite en girasol se debía a un efecto importante de genes de valor aditivo.

Miller, Fick y Cedeño (1979), encontraron que las estimaciones de heredabilidad para el contenido de aceite en girasol

sol, fueron altas para la selección en generaciones tempranas también el aceite se incrementó en un 12.4% en tres ciclos de selección recurrente.

Estudiando valores de heredabilidad en un sentido amplio para varias características agronómicas del girasol, Kloczowski (1975), encontró que las estimaciones para rendimiento fueron de 18%, pero para altura de planta, peso de 1000 semillas por ciento de aceite, por ciento de cáscara y diámetro de capítulo, fue de 22% a 49%.

Aguirre (1983), en una evaluación de familias de medios hermanos, derivadas de una población formada por híbridos, encontró que los valores más altos de heredabilidad fueron para el contenido de aceite (81.95%), seguidos de altura de planta (47.91%) y rendimiento (41.52%), pero con respecto a días a floración, se observó solamente un 8.38%

Céspedes (1982), reporta que los valores de heredabilidad para contenido de aceite y rendimiento, fueron de 26.80% y 48.41% respectivamente, en líneas  $S_1$  derivadas de una población formada por recombinación de 36 híbridos.

### Correlaciones entre caracteres

Numerosos estudios han sido efectuados para determinar si las asociaciones que existen entre las características de las plantas y las características de las semillas pueden servir de auxilio en la selección para el rendimiento y porcentaje de aceite. En general, se ha encontrado que los caracteres que contribuyen en un buen desarrollo vegetativo, están asociados o correlacionados con un alto rendimiento.

Putt (1943), encontró correlaciones positivas, entre el rendimiento y días a madurez fisiológica, altura, diámetro del capítulo y del tallo. Lo mismo encontraron Kovacik, Skal-

loud (1972) y Pathak (1974).

Fick, Zimmer y Zimmerman (1974), estudiando poblaciones de polinización libre, endogámicas e híbridos, encontraron correlaciones positivas entre el porcentaje del contenido de aceite con altura de la planta, su madurez fisiológica y el peso de 1000 semillas.

Ghanavati *et al* (1981), en estudios sobre poblaciones de girasol para regiones semiáridas de Irán, encontraron correlaciones positivas entre el porcentaje de aceite y rendimiento ( $r = 0.97$ ), entre la primera característica y diámetro de capítulo ( $r = 0.60$ ), así mismo, se encontró asociado el porcentaje de aceite con la madurez fisiológica ( $r = 0.41$ ).

Ross (1939), reportó que en girasol existe una correlación positiva y altamente significativa entre el porcentaje del contenido de aceite con la altura de la planta y el rendimiento, y que existe una correlación positiva, pero no significativa, entre el contenido de aceite y el área foliar, así mismo, con idéntico valor, entre el diámetro del capítulo y los días a floración.

Burns (1970), observó una correlación positiva y altamente significativa entre el diámetro del capítulo y el rendimiento, sugiriendo que se puede usar el diámetro del capítulo en la estimación del rendimiento por parcela.

Vrânceanu (1974). La altura del tallo está correlacionada con la duración del período vegetativo y con la producción de semillas, siendo conocido el hecho de que las variedades precoces tienen un altura baja, pero su capacidad de producción es inferior a las de porte alto.

Otras características que se han reportado correlacionadas con el rendimiento, incluyen el área foliar por planta, Moradi y Vojdani (1974), y Skoric (1974), la actividad foto -

sintética, Shcherbak y Efremova (1966) y la resistencia a las enfermedades, Fick y Zimmer (1975) y Russell (1953).

Aguirre (1983), observa que las correlaciones entre días a floración con altura de planta y diámetro de capítulo, son positivas y altamente significativas y con rendimiento es positiva y significativa. La altura de planta presentó correlaciones positivas y altamente significativas con el diámetro del capítulo y el rendimiento, a su vez, el diámetro de capítulo mostró correlación positiva y altamente significativa con el rendimiento y se observó correlaciones negativas de todos los caracteres con respecto al porcentaje de aceite.

Varios estudios han mostrado correlaciones negativas entre el rendimiento y días a floración, Ross (1939) y Schuster (1964), y entre el área foliar entre ciertos genotipos, Moradi y Vojdani (1974). Estos resultados sugieren que las correlaciones de los caracteres en forma individual con el rendimiento dependen del grupo de genotipos que se hayan evaluado y que esas correlaciones pueden ser usadas solamente como una guía general en la selección para rendimiento.

## MATERIALES Y METODOS

### Material Genético

El material genético básico para este trabajo fue la población CSM-80 ( $C_1$ ), formada en el Programa de Mejoramiento del Girasol de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" a través de la recombinación de materiales introducidos en el año de 1979, recombinándose durante los años de 1980 y 1981.

En el año de 1982, se sembró la población en el ejido Agua Nueva, del Municipio de Saltillo, Coahuila, en donde se seleccionaron y autofecundaron 600 plantas  $S_0$ . Las plantas seleccionadas para ser autofecundadas, fueron cubiertas con sacos especiales para aislar sus capítulos y evitar así la polinización con polen extraño, ya sea por efectos de insectos o por el aire. Fue necesario estimular por frotación dichos capítulos para obtener mayores porcentajes de fecundación y subsanar en buena parte el fenómeno de protandria que ocasiona el comportamiento halógamo de la especie.

Las plantas  $S_0$ , fueron seleccionadas en base a las siguientes características fenotípicas.

- a) Sanidad con respecto a plagas y enfermedades.
- b) Altura media.
- c) Vigor general
- d) Tipo de capítulo.

e) Angulo de inclinación del capítulo.

f) Diámetro del capítulo.

g) Resistencia al acame.

Al tiempo de cosecha, las autofecundaciones se reselectaron en bodega por:

a) Fertilidad.

b) Resistencia al ataque de la palomilla del capítulo.

c) Tipo de semilla.

Debido a la falta de fertilidad especialmente, se desecharon muchas líneas, que presentaron altos porcentajes de semillas vanas, obteniéndose finalmente 152 familias S<sub>1</sub> con suficiente semilla.

Con las 152 familias seleccionadas, se formaron ocho grupos aleatorios con 19 familias cada uno, estos grupos se incluyeron en dos experimentos con dos repeticiones, se sembraron en total 4 repeticiones, repartidas en dos bloques para cada localidad ya que fueron dos ambientes de evaluación, cada surco simple constituyó una parcela de evaluación por entrada, por lo que cada experimento en cada localidad quedó integrado por 304 parcelas. Se utilizó una distancia de 0.80 m entre surcos y de 0.20 m entre plantas, la longitud del surco fue de 5.0 m, con una superficie de 4.0 m<sup>2</sup> por parcela útil, con un total de 25 plantas por parcela, eliminándose la planta inicial y la final del surco para evitar el efecto de la falta de competencia.

Las localidades donde se sembraron los experimentos fueron:

- 1) Ejido Agua Nueva, Municipio de Saltillo.
- 2) Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

#### VARIABLES CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO

Las variables que se tomaron en cuenta en cada una de la 152 familias S<sub>1</sub> constituyeron cinco características de campo y dos de laboratorio, se enumeran en seguida:

- a) Días a floración. Constituido por el número de días - transcurridos desde la fecha de siembra hasta que un 50 por ciento del total de las plantas de cada parcela inició su antésis.
- b) Días a madurez fisiológica. Por este caracter se obtuvo el valor medio del período vegetativo de cada línea. Se consideró que una planta tenía madurez fisiológica cuando la base del capítulo presentaba coloración amarilla a café, signo inequívoco de que ya no se transportaban nutrientes a las semillas, se consideró fecha de madurez fisiológica de una parcela cuando el 50 por ciento de las plantas que la constituían presentaban la coloración característica.
- c) Altura del capítulo. Esta constituye también la altura media de la planta. Se midió la longitud desde la corona del tallo, hasta la terminación de éste en la base del involucro, se tomaron medidas en un promedio - de 15 plantas de la parcela, de las cuales se obtuvo una media de esta característica en cada entrada, en cada repetición, la medición se ejecutó cuando las plantas se encontraban en la etapa de madurez fisiológica.
- d) Diámetro del capítulo. Obtenido después de cosechados

los capítulos y antes del desgrane en bodega, se tomaron dos medidas cruzadas en todos los capítulos de cada parcela y el promedio fue el que se asignó como el diámetro en cada una de las entradas, esta medida se expresó en centímetros.

- e) Rendimiento. El peso de la semilla de todas las plantas de la parcela útil, constituyó el rendimiento, se eliminó en cada caso las semillas vanas de cada parcela y se estimó en unidades de toneladas por hectárea. Se cosecharon los materiales cuando el total de cada parcela mostraba madurez fisiológica, no se esperó - llegar a madurez total para evitar el ataque de los pájaros, pero aún así, éste fue severo en algunos genotipos ocasionando gran variación en el rendimiento.
- f) Contenido de aceite. Se obtuvo de una muestra representativa de la semilla de cada parcela y se efectuó a través del método de refracción de luz por el sistema electrónico del analizador de granos "Neotec 31EL", - del Laboratorio de Apoyo a la Investigación de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". El dato se obtiene en porcentajes.
- g) Contenido de proteínas. De la misma muestra que se utilizó para leer el contenido del aceite y con el mismo aparato, se determinó este porcentaje.

Para ambos porcentajes fue necesario utilizar la conversión por arco-seno para obtener una distribución normal de los mismos.

El diseño de campo utilizado en cada una de las localidades, fué el de bloques incompletos al azar, con dos repeticiones por cada ambiente.

### Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza para cada una de las características en cada localidad y un análisis de varianza combinado para las mismas características para ambas localidades. Los modelos lineales estadísticos usados en ambos casos son los siguientes:

Modelo lineal para los ocho grupos en cada localidad:

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

donde:

$i = 1, 2, \dots, G$  (Grupos)

$j = 1, 2, \dots, R$  (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.

$\mu$  = Media general del carácter en cuestión

$G_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo grupo, donde  $G_i \sim \text{DNI}(0, \sigma_G^2)$

$R_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima repetición, donde  $R_j \sim \text{DNI}(0, \sigma_R^2)$ .

$F_{ki}$  = Efecto de la  $k$ -ésima familia anidada en el  $i$ -ésimo grupo donde  $F_{ki} \sim \text{DNI}(0, \sigma_F^2)$

$(GR)_{ij}$  = Interacción del  $i$ -ésimo grupo por la  $j$ -ésima repetición donde  $GR_{ij} \sim \text{DNI}(0, \sigma_{GR}^2)$ ; y

$E_{ijk}$  = Efecto aleatorio o error experimental asociado con la  $ijk$ -ésima observación donde  $E_{ijk} \sim \text{DNI}(0, \sigma_E^2)$ .

Las fuentes de variación, grados de libertad, cuadrados medios y esperanzas de cuadrados medios para el análisis de varianza, para un experimento, se muestran en el Cuadro 1.

Las pruebas de significancia de F para las fuentes de variación del cuadro 1, se realizaron de la siguiente forma:

Cuadro 1. Forma del análisis de varianza dado a cada caracter con las esperanzas de cuadrados medios, en un ambiente.

Fuentes de variación	Grados de Liberación	Cuadrados Medios	Esperanzas de cuadrados medios
Repeticiones	$(r - 1)$		
Grupos	$(g - 1)$		
Rep. x Grupos	$(r - 1)(g - 1)$		
Fam. / Grupo	$(f - 1)G$	$M_2$	$\sigma_e^2 + r \sigma_{F/G}^2$
Error	$(r - 1)(f - 1)G$	$M_1$	$\sigma_e^2$
Total	$RFG - 1$		

$M_1$  se consideró el error común del cuadrado medio para probar la significancia entre familias  $M_2$ .

La estimación del valor de la varianza genética para cada carácter se obtuvieron por el siguiente procedimiento:

$$\sigma_g^2 = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

onde:

$M_2$  = CM del carácter en cuestión

$M_1$  = CM del error, y

$r$  = Número de repeticiones

Obteniéndose el valor de la varianza fenotípica en base a la media de una entrada para una localidad, por el proceso:

$$\sigma_{ph}^2 = \frac{\sigma_e^2}{r} + \sigma_g^2$$

Los valores de heredabilidad en sentido amplio se calcula en porcentajes:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_{ph}^2} \times 100$$

Para cada localidad se estimó la ganancia por ciclo por la fórmula:

$$G_C = \frac{KC \sigma_g^2}{y \sqrt{\sigma_{ph}^2}} = \frac{KC \sigma_g^2}{y \sqrt{\frac{\sigma_e^2}{r} + \sigma_g^2}}$$

onde:

$G_C$  = Ganancia genética por ciclo

$K$  = Diferencial de selección

$C$  = Control parental

$\sigma_g^2$  = Varianza genética entre líneas  $S_1 = 10\sigma_A^2 + \frac{1}{4}\sigma_D^2$   
 $y$  = Número de años.

El valor dentro del radical representa a la desviación - estándar fenotípica.

Las estimaciones de los valores de heredabilidad y de ganancia por ciclo no es recomendable ejecutarlas en base a una localidad, porque el valor de la  $\sigma_{ph}^2$  es muy alto, debido a que sus componentes de varianza  $\sigma_g^2/rm$  y  $\sigma_{ge}^2/m$  tienen valores proporcionalmente grandes, porque sus denominadores compuestos de repeticiones por localidades y de localidades respectivamente, son muy pequeños.

Las pruebas de significancia de las diferencias de medias o las comparaciones entre las medias de las muestras, se ejecutaron a través de la prueba de Tukey.

El modelo lineal para el análisis combinado de los ocho grupos para los dos ambientes fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + L_l + R_{jl} + G_i + (GL)_{il} + (GR)_{ijl} + F_{ki} + (FL)_{kli} + E_{ijkl}$$

- $i = 1, 2, \dots, G$  (Grupos)
- $j = 1, 2, \dots, R$  (Repeticiones)
- $k = 1, 2, \dots, F$  (Familias)
- $l = 1, 2, \dots, L$  (Localidades)

- $\mu$  = Media general
- $L_l$  = Efecto de la l-ésima localidad donde  $L_l \sim \text{DNI}(0, \sigma_L^2)$
- $R_{jl}$  = Efecto de la j-ésima repetición anidada en la l-ésima localidad, donde  $R_{jl} \sim \text{DNI}(0, \sigma_{RL}^2)$
- $G_i$  = Efecto del i-ésimo grupo donde  $G_i \sim \text{DNI}(0, \sigma_G^2)$
- $(GL)_{il}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo grupo por la l-ésima localidad donde  $(GL)_{il} \sim \text{DNI}(0, \sigma_{GL}^2)$
- $(GR)_{ijl}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo grupo por la j-ésima repetición anidadas en la l-ésima locali-

Cuadro 2. Forma de análisis de varianza combinada, dado para un carácter, con las esperanzas de cuadrados medios.

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	ESPERANZAS DE CUADRADOS MEDIOS
Localidades	$(\ell - 1)$		
Repeticiones/loc.	$(r - 1)L$		
Grupos	$(g - 1)$		
Grupos/Localidad	$(g - 1)(L - 1)$		
Grupos x Rep./Loc.	$(g - 1)(r - 1)L$		
Familias/Grupos	$(f - 1)G$	$M_3$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{FL}^2/G + rL\sigma_F^2/G$
Familias x Loc. /Grupos	$(f - 1)(f - 1)G$	$M_2$	$\sigma_e^2 + r\sigma_{FL}^2/G$
Error	$(f - 1)(\ell - 1)GL$	$M_1$	$\sigma_e^2$
Total	$rgf\ell - 1$		

- $F_{ki}$  = Efecto de la k-ésima familia anidada en el i-ésimo grupo donde  $F_{ki} \sim \text{DNI}(0, \sigma_F^2)$   
 $(FL)_{kli}$  = Efecto de la interacción de la k-ésima familia - por la l-ésima localidad anidada en el i-ésimo grupo donde  $(FL)_{kli} \sim \text{DNI}(0, \sigma_{FL}^2)$   
 $E_{ijkl}$  = Error experimental, donde  $E_{ijkl} \sim \text{DNI}(0, \sigma^2)$

Las fuentes de variación, grados de libertad, cuadrados medios y esperanzas de cuadrados medios, para el análisis de varianza combinado de los ocho grupos en las dos localidades, se presentan en el cuadro 2.

Las pruebas de significancia de diferencias de variación entre familias y sus interacciones con los ambientes, fueron determinados con las siguientes pruebas de F.

$M_1$  se consideró el error para probar la significancia de la interacción entre familias por localidad, anidadas dentro de grupos  $M_2$ ; a su vez,  $M_2$  se consideró el error para probar la significación entre familias anidadas dentro de grupos  $M_3$ .

Las estimaciones de varianza genética entre líneas  $S_1$  en el análisis combinado para cada caracter, se ejecutaron de la siguiente forma:

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{M_3 - M_2}{rl}$$

El valor de la varianza de la interacción genética ambiental se obtuvo mediante:

$$\hat{\sigma}_{ge}^2 = \frac{M_2 - M_1}{l}$$

Las varianzas fenotípicas ( $\sigma_{ph}^2$ ) se estimaron basándose en los valores medios de una entrada, según el método propuesto por Johnson *et al* (1955).

$$\hat{\sigma}_{ph}^2 = \frac{\hat{\sigma}_e^2}{r\ell} + \frac{\hat{\sigma}_{ge}^2}{\ell} + \hat{\sigma}_g^2$$

onde:

$\sigma_e^2$  = Varianza del error =  $M_1$  del cuadro Número 2.

$r$  = Número de repeticiones

$\ell$  = Número de localidades.

La heredabilidad se calculó en base a la media de una en rada, utilizando la fórmula:

$$\text{Heredabilidad en sentido amplio} = \frac{\sigma_g^2}{\frac{\sigma_e^2}{r\ell} + \frac{\sigma_{ge}^2}{\ell} + \sigma_g^2} \times 100$$

Los valores obtenidos representan la proporción o el porcentaje de la variación entre las diferentes líneas  $S_1$  que es debido a las diferencias genéticas que existen entre ellas.

El error estándar de la heredabilidad, se estimó a través e la fórmula de Hallauer y Miranda (1981), para líneas  $S_1$ .

$$EE(h^2) = \frac{EE(\hat{\sigma}_g^2)}{\frac{\hat{\sigma}_e^2}{r\ell} + \frac{\hat{\sigma}_{ge}^2}{\ell} + \hat{\sigma}_g^2}$$

e donde el error estandar de la  $\sigma_g^2$  es obtenido del análisis e varianza como la raíz cuadrada de:

$$\frac{2}{(r\ell)^2} \left[ \frac{M_3}{(f-1)g} + \frac{M_2}{(f-1)(\ell-1)g+2} \right]$$

$M_2$  = Cuadrado medio de familias por localidades/grupos

$M_3$  = Cuadrado medio de familias/grupos

$(r\ell)^2$  = Repeticiones por localidades al cuadrado

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

$f-1)(\ell-1)g$  = Grados de libertad de familias por localidades/gru

Debido a que el componente de  $\sigma_g^2$  estima a la  $\sigma_A^2$ , no se obtiene el error estándar de esta última.

La eficiencia del método de líneas  $S_1$  se evalúa a través de su ganancia por ciclo en su respuesta esperada a la selección, utilizando la fórmula de Sprague y Eberhart (1977).

$$R_{fah} = \frac{I \hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_{fah}^2}$$

donde:

$R_{fah}$  = Respuesta esperada a la selección de familias de autohermanos o líneas  $S_1$ .

$I$  = Intensidad de selección

$\hat{\sigma}_g^2$  = Varianza genética entre líneas  $S_1$  que incluye a  $\sigma_A^2 + \frac{1}{4}\sigma_D^2$

$\sigma_{fah}^2$  = Desviación estandar fenotípica de medias familias  $S_1$ .

Para el caso bajo estudio, la fórmula de la respuesta a la selección entre líneas  $S_1$  en el análisis combinado que se empleó fue:

$$G_c = \frac{G_c \sigma^2}{y \sqrt{\frac{\sigma_e^2}{r\ell} + \frac{\sigma_{ge}^2}{\ell} + \sigma_g^2}}$$

donde:

$G_c$  = Ganancia genética por ciclo

$k$  = Diferencia de selección estandarizada

$c$  = Control parental

$y$  = Número de años

$\sigma_g^2$  = Varianza genética entre familias  $S_1$

El valor contenido dentro del radical, representa la des

Las pruebas de significancia de las diferencias de media o las comparaciones entre las medias de las muestras, se ejecutaron a través de la prueba de comparaciones múltiples o Prueba de Tukey.

### Correlaciones fenotípicas y genotípicas

Para observar la correlación de cada uno de los caracteres con todos los demás, en cada ambiente en particular como en los dos ambientes combinados, se computaron las respectivas correlaciones a través de cada análisis por localidad como para el análisis combinado de ambas localidades.

Cuadro 3. Forma de análisis de covarianza de donde se estiman los componentes de las covarianzas genéticas

Fuentes de variación	Grados de libertad	Medias de productos cruzados	Esperanzas de cuadrados medios de los productos cruzados
Localidades	(l-1)		
Repeticiones/loc	(f-1)l		
Grupos	(g-1)		
Grupos x Loc.	(g-1)(l-1)		
Grupos Rep/loc.	(g-1)(r-1)l		
Familias/gpos.	(f-1)g	$M_{3x}M_{3y}$	$\sigma_{E_{xy}} + r\sigma_{f1}/G_{xy} + r\sigma_f/G_{xy}$
Familias x loc/gpos	(f-1)(l-1)g	$M_{2x}M_{2y}$	$\sigma_{E_{xy}} + r\sigma_{f1}/G_{xy}$
Error	(f-1)(r-1)gl	$M_{1x}M_{1y}$	$\sigma_{E_{xy}}$

$$R_{gxy} = \frac{\text{Cov } G_{xy}}{\sqrt{\sigma_{gx}^2 \sigma_{gy}^2}}$$

donde:

$R_{gxy}$  = Coeficiente de correlación genotípica, para las dos variables: X y Y.

Cov  $G_{xy}$  = Covarianza genotípica entre las dos variables:  
X y Y.

$\sigma_{gx}^2$  = Varianza genética de la variable X.

$\sigma_{gy}^2$  = Varianza genética de la variable Y.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza para las localidades en particular (Cuadro 4), indicó que existen diferencias significativas para días a floración, en las familias dentro de grupos, pero solo entre grupos para las otras seis características, tales como: rendimiento, contenido de aceite, contenido de proteínas, madurez fisiológica, altura de capítulo y diámetro de capítulo en la localidad de Agua Nueva (1), en las líneas probadas. El mismo análisis de varianza reveló que hay una amplia gama de variabilidad para todas las características dentro de los ocho grupos, pero no se expresó diversidad para todas las características entre familias dentro de grupos. Los coeficientes de variabilidad variaron en esta localidad (1), entre 4.9% y 21.3% para todas las características, exceptuando el rendimiento con 49.5%, lo cual indica que los resultados son confiables. El razonamiento para ese alto valor del coeficiente de variación para el rendimiento, puede apoyarse en que hubo una fuerte granizada que ocasionó la defoliación en un porcentaje aproximado al 70% en todas las familias, por lo que se redujo considerablemente el área destinada a la ejecución fotosintética; durante el período de llenado de los granos es muy importante la fotosíntesis para la traslocación de los fotosintatos directamente a las semillas, eso contribuye a formar granos completos y con mayor peso, otro daño que ocasiona un meteoro como la granizada, es el de afectar como daño mecánico en las divisiones y amplificaciones celulares que se están sucediendo durante la formación de las semillas; además se presentó un fuerte ataque de pájaros que ocasionó fuerte

Cuadro 4. Análisis individual de varianza de siete características agronómicas de las 152 líneas S<sub>1</sub>, que integran los ocho grupos evaluados en dos localidades.

Fuentes de variación	CUADRADOS MEDIOS		
	Grados de libertad	Agua Nueva (Loc. 1)	U.A.A."A.N (Loc. 2)
Días a floración			
Repeticiones	1	21.58	0.64
Grupos	7	35.75*	52.47*
Grupos x Rep.	7	49.55*	4.92
Fam/Grupos	144	36.26*	23.39*
Error	144	36.56	1.95
C.V.		8.06	2.37
Madurez fisiológica			
Repeticiones	1	1445.95**	5.80
Grupos	7	206.86*	5.19
Grupos x Rep.	7	280.75**	1.58
Fam/Grupos	144	66.35	7.33*
Error	144	82.54	0.84
C.V.	144	9.02	1.23
Altura de capítulo			
Repeticiones	1	477.50*	32103.21**
Grupos	7	1935.30**	2024.69**
Grupos x Rep.	7	1286.10**	607.11
Fam/Grupos	144	321.51	631.80
Error	144	258.37	618.99
C.V.	144	14.62	16.51
Diámetro de capítulo			
Repeticiones	1	139.59**	241.58**
Grupos	7	33.37**	9.47*
Grupos x Rep.	7	25.86**	14.61*
Fam/Grupos	144	6.85	7.83
Error	144	7.40	5.98
C.V.		21.34	17.00

Continuación Cuadro 4.

CUADRADOS MEDIOS			
Fuentes de variación	Grados de libertad	Agua Nueva (Loc. 1)	U.A.A."A.N (Loc. 2)
Rendimiento			
Repeticiones	1	3.66**	1.82**
Grupos	7	1.43**	5.05**
Grupos x Rep.	7	0.23	2.47*
Fam/Grupos	144	0.44	1.22
Error	144	0.15	0.66
C.V.		49.54	42.31
Contenido de aceite			
Repeticiones	1	216.42**	7.27*
Grupos	7	15.40**	8.03*
Grupos x Rep.	7	5.85	0.71
Fam/Grupos	144	4.59	4.92*
Error	144	3.42	0.19
C.V.		4.90	1.13
Contenido de proteína			
Repeticiones	1	41.48**	1.04
Grupos	7	6.04*	7.75**
Grupos x Rep.	7	4.08*	2.36
Fam/Grupos	144	2.99	2.24
Error	144	2.44	0.85
C.V.		5.28	3.13

\* Significativo para un nivel de 5% de probabilidad

\* Significativo para un nivel de 1% de probabilidad

/ Coeficiente de variación

cuadro 5. Valores medios ( $\bar{x}$ ), error estandar de las medias ( $S_{\bar{x}}$ ) y coeficientes de variación de las siete características en los dos ambientes.

localidad	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Altura de capítulo (cm)	Diámetro de capítulo (cm)	Rendimiento (Ton/ha)	% aceite transfor mado.	% proteína transforma da.
$\bar{x}$							
Agua Nueva	74.99	100.69	109.97	12.75	0.786	37.74	29.58
J.A.A. "A.N."	58.96	75.04	151.21	14.43	1.930	38.30	29.60
$S_{\bar{x}}$							
Agua Nueva	0.49	0.73	1.30	0.22	0.03	0.15	0.12
U.A.A. "A.N."	0.11	0.07	2.01	0.19	0.06	0.03	0.07
C.V.							
Agua Nueva	8.06	9.02	14.61	21.34	49.53	4.89	5.27
U.A.A. "A.N."	2.37	1.22	16.51	17.00	42.31	1.13	3.12

daño y en menor escala daños por insectos, aunque en ambos casos se usaron medidas de protección apropiadas, estos tres factores ambientales fueron las principales causas que elevaron el porcentaje del coeficiente de variación en el rendimiento en esta localidad.

Los promedios entre grupos para las diferentes características estudiadas en la localidad "Agua Nueva", se presentan en el Cuadro 6. El rendimiento es un carácter muy complejo que es controlado por los poligenes de núcleo y plasmagénicos, con interacción con el medio ambiente y sus componentes de rendimiento. En esta investigación, el rendimiento entre grupos -Loc. (1)-, tuvo una variación de 0.59 (Grupo 3), a 1.18 (Grupo 1) toneladas por hectárea, con un promedio de 0.79 toneladas por hectárea entre grupos. El rendimiento entre familias en la misma localidad varió entre 0.13 a 3.10 toneladas por hectárea (Cuadro 9), con una media entre familias de 0.79 toneladas por hectárea, el rendimiento mínimo fué muy bajo y el promedio también, esto puede tomarse como una consecuencia de los factores antes citados.

El carácter porcentaje de aceite en la semilla mostró variación (1.7%) dentro de grupos, el máximo porcentaje fue de 38.5 (Grupo 6), y el mínimo de 36.8 (Grupo 2), Cuadro 6. Los máximos y mínimos porcentajes de aceite entre familias fueron 43.3% y 31.5% respectivamente, con una diferencia sustancial entre familias de 11.8% (Cuadro 9).

El grupo 2 registró el máximo porcentaje de contenido de proteínas con 30.0%, mientras que el Grupo 5 presentó el mínimo porcentaje protéico, con 28.7% (Cuadro 6), existiendo una diferencia entre grupos de 1.3%. El contenido de proteínas entre familias, mostró una variación considerable, pues tuvo como máximo 36.9% y un mínimo de 25.6%, existiendo una diferencia considerable de 11.3% (Cuadro 9).

El diámetro de los capítulos fue mayor en el Grupo 1 con

Cuadro 6. Valores medios de los ocho grupos en Agua Nueva, para cuatro características.

Grupo	Diámetro de Capítulo en (cm)	Grupo	Rendimiento (Ton/ha)	Grupo	% Aceite Transformado	Grupo	% Proteína Transformada
1	14.26	1	1.18	6	38.50	2	30.04
6	13.84	7	0.87	8	38.46	7	29.86
7	13.26	5	0.86	7	38.11	8	29.79
4	12.44	6	0.81	4	38.04	1	29.66
3	12.36	8	0.75	5	37.67	4	29.66
5	12.28	4	0.63	3	37.28	3	29.63
2	11.81	2	0.60	1	37.09	6	29.27
8	11.71	3	0.59	2	36.81	5	28.76

14.3 cm, y el Grupo 8 registró el menor diámetro, con 11.71 cm, la media fue de 12.7 cm, este valor se considera bajo, pero es un efecto de la baja actividad fotosintética.

En esta localidad, el Grupo 1 fue el mejor en dos características consideradas importantes: diámetro de capítulos, 14.26 cm; y rendimiento, 1.18 T/ha. El Grupo 6 fue superior a todos con respecto al porcentaje de aceite contenido en las semillas, con 38.5%, y en el porcentaje de proteínas contenido en la semilla fue superior al Grupo 2, con un promedio de 30.0%. Así mismo, los grupos 8, 3, 2 y 5, fueron inferiores a todos los demás para diámetros de capítulos, rendimiento, porcentaje de aceite y porcentaje de proteínas, respectivamente.

Los parámetros genéticos calculados para las siete características estudiadas en la localidad de Agua Nueva, se encuentran en el Cuadro 7, la varianza genotípica varía entre 0.44 para rendimiento, a 321.51 para altura de capítulo, siguiéndole 66.35 para madurez fisiológica y días a floración con 36.26. Cuatro características: rendimiento, diámetro de capítulo, porcentaje de aceite y porcentaje de proteínas registraron variaciones genéticas entre 0.44 a 6.85, que son realmente bajas y se puede considerar que son efecto directo de los tres factores ya citados; efecto de granizada, ataque de insectos y ataque de pájaros. La varianza fenotípica varió entre 0.51 a 450.7, entre varias características, siendo menos afectadas por el ambiente, el rendimiento, diámetro de capítulos, porcentaje de aceite y porcentaje de proteína. Los porcentajes de heredabilidad amplia fueron considerablemente altos para todas las características, y registraron un rango de 61.65 a 82.21% y se pueden ejecutar presiones de selección para identificar las mejores líneas para las características de mayor importancia económica.

La ganancia genética por ciclo predicha para rendimiento fue de 0.94% y se puede observar que es sustancialmente alta

Cuadro 7. Parámetros genéticos de las siete características de girasol en Agua Nueva.

Parámetros genéticos	Días a floración	Días a maduración fisiológica	Altura de capítulos	Diámetro de capítulo	Rendimiento (Ton/ha)	% Aceite mado	% proteína transfermada
$\sigma_e^2$	36.55	82.54	258.37	7.41	0.15	3.42	2.44
$\sigma_g^2$	36.26	66.35	321.51	6.85	0.44	4.59	2.99
$\sigma_{ph}^2$	54.54	107.62	450.70	10.55	0.51	6.30	4.21
$H^2$ (%)	66.84	61.65	71.33	64.91	85.21	72.86	71.04
$G_c$	7.56	9.84	23.32	3.25	0.94	2.82	2.24
G/año	2.52	3.28	7.77	1.08	0.31	1.35	1.08

y demuestra que se puede avanzar hacia el éxito, en el programa para rendimiento, en esta localidad. Para el carácter porcentaje de aceite, se predice una ganancia genética de 2.8% - en un solo ciclo, siendo esta característica la de mayor importancia económica, se considera que en esta localidad se puede lograr incrementos en su contenido en cada generación, por la aplicación del método de selección adecuado, ya que ese valor de ganancia es muy satisfactorio. El valor de la ganancia por ciclo predicha para el porcentaje de proteína, fue solamente de 2.2%, pero aun así, es bueno; falta considerar la calidad de esas proteínas.

Las correlaciones fenotípicas (Cuadro 8) en este ambiente, demuestran que existe correlación positiva y altamente significativa entre el diámetro de capítulo y el rendimiento ( $r = 0.419$ ), por lo que el diámetro del capítulo se puede usar como un índice de selección indirecta, para obtener genotipos con alto rendimiento. El carácter días a floración, muestra correlaciones positivas y significativas con dos características, días a madurez fisiológica ( $r = 0.685$ ) y con altura de capítulos ( $r = 0.270$ ). Los días a madurez fisiológica, están correlacionados positiva y significativamente con la altura de los capítulos y con los diámetros de los mismos, por lo que también esta característica indirectamente puede utilizarse como un camino para seleccionar para rendimiento, ya que el diámetro de capítulo está correlacionado positivamente con el rendimiento. La altura de los capítulos está correlacionada positiva y significativamente con el diámetro de los capítulos ( $r = 0.465$ ) y podría servir para seleccionar en forma directa capítulos grandes que proporcionan mayor rendimiento, el inconveniente en este caso, sería que las plantas demasiado altas, no son deseables actualmente porque dificultan los labores agrícolas y la cosecha especialmente. Los coeficientes de determinación estimados para las características que mostraron correlaciones positivas y significativas, muestran valores de efectos ambientales muy considerables; entre el diámetro del capítulo y el rendimiento, el porcentaje atribu-



ible al efecto del primero sobre el segundo, es de 17.55%, - siendo atribuible al ambiente un 82.45%, los días a floración tienen un valor de influencia sobre la madurez fisiológica de un 42.25%, siendo un 57.75% el efecto del ambiente, el mismo caracter influye en un 7.29% sobre la altura del capítulo y - en este caracter se encuentra una gran proporción de efecto - ambiental, ya que su valor es de 92.71%; la altura de los capítulos tiene una influencia sobre el diámetro de los mismos capítulos, en un valor correspondiente al 21.62%, demostrándose un valor ambiental del 78.38%; los días a madurez fisiológica influyen sobre el diámetro del capítulo en un 3.68% y el efecto ambiental es efectivamente muy grande, con 96.32%; la misma madurez fisiológica solo tiene un valor de influencia - de 10.11% sobre la altura, siendo el valor ambiental de un - 89.89%. Con estos valores de coeficientes de determinación, - se observa que la correlación menos influenciada por el am - biente en esta localidad, fue la de días a floración con días a madurez fisiológica, y la correlación con mas influencia ambiental fue la de días a madurez fisiológica con el diámetro del capítulo.

En el Cuadro 10, se encuentran las mejores 25 familias - seleccionadas por su alto contenido de aceite, se puede observar que los genotipos no son deseables por su rendimiento en su mayoría, pero el potencial de producción de aceite que es muy importante en este cultivo, nos marca una pauta en estos materiales, los que pueden usarse como base para el mejoramiento recurrente para contenido de aceite en esta localidad. Debe tomarse en cuenta, que el rendimiento se vió afectado por los factores antes citados, por esa razón, se optó por seleccionar los mejores individuos por su porcentaje de contenido de aceite.

El análisis de varianza (Cuadro 4), para la localidad do (U.A.A."A.N."), reveló diferencias altamente significativas - en los grupos para las siguientes características, días a flo

Cuadro 9. Rangos de las diferentes características estudiadas en cada una de las localidades

Característica	Agua Nueva	U.A.A. "A.N."
Días a floración	59 - 99	50 - 77
Días a Madurez Fisiológica	80 - 120	70 - 82
Altura de capítulos (cm)	58 - 171	86 - 220
Diámetro de capítulos	3 - 23	7 - 24
Rendimiento en Ton/ha	0.13 - 3.10	0.22 - 5.32
% de contenido de aceite transformado	31.5 - 43.3	30.2 - 43.3
% de contenido de proteína transformada	25.6 - 36.9	25.3 - 33.1

## de Agua Nueva, seleccionadas por alto contenido de aceite.

Genotipos	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Altura de capítulo (cm)	Diámetro de capítulo (cm)	Rendimiento	% de aceite trans-formado.	% de proteína trans-formada
1*	78.5	109.5	113.0	15.0	1.70	41.75	30.15
2	79.0	111.5	101.0	9.0	0.38	41.65	29.65
3*	80.0	107.0	123.0	11.5	0.43	41.00	30.85
4	74.5	104.5	111.5	13.0	1.04	40.85	28.15
5*	70.5	92.0	106.5	14.5	1.57	40.80	29.70
6*	79.0	104.5	116.0	13.0	0.33	40.75	29.65
7	76.5	103.5	91.5	11.5	0.11	40.70	29.40
8	76.5	111.5	117.0	14.5	0.53	40.60	30.10
9*	75.5	98.0	129.5	13.5	0.66	40.30	29.35
10	76.0	95.0	114.5	14.0	0.75	40.25	29.30
11	73.5	104.0	124.5	12.5	1.17	40.20	30.85
12	89.0	117.0	117.0	9.0	0.29	40.15	30.40
13	71.5	101.0	120.0	13.0	1.62	40.05	28.10
14*	81.5	106.0	130.0	16.5	0.50	40.00	29.10

Continúa ...

continuación cuadro 10.

Genotipos	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Altura de capítulo (cm)	Diámetro de capítulo (cm)	Rendimiento	% de aceite formado	% de proteína na transfor mada	
15	97	79.0	104.0	133.0	14.0	1.41	39.90	30.10
16	51	72.0	97.5	101.5	14.0	0.93	39.85	29.70
17	112	75.5	99.5	119.0	13.0	0.50	39.75	27.65
18	30	77.0	101.0	113.0	12.0	0.83	39.70	28.85
19	38	72.0	97.5	9.50	12.0	0.35	39.65	30.90
20*	99	74.5	106.0	118.5	13.5	0.94	39.65	28.50
21	68	77.0	95.5	105.5	14.5	0.69	39.25	30.30
22	117	74.5	97.0	89.0	11.0	1.87	39.25	30.00
23	41	75.0	95.5	91.5	11.5	0.29	39.25	28.65
24	9	76.0	101.0	115.0	13.5	1.25	39.20	30.80
25	108	76.0	101.5	115.5	15.5	0.65	39.20	29.40

\* Aparecen entre las mejores de cada localidad

rendimiento, porcentaje de contenido de aceite y porcentaje de contenido de proteínas, pero no se encontró nivel de significancia para el carácter de madurez fisiológica. Para la fuente de variación, familias dentro de grupos, el análisis de varianza indicó diferencias significativas para las características: días a floración, madurez fisiológica y contenido de aceite, pero no así para altura de capítulos, diámetro de capítulos, rendimiento y contenido de proteínas. Los análisis de varianza, considerando simultáneamente a las fuentes de variación, grupos y familias dentro de grupos, demuestran variabilidad amplia para varias características, y se pueden inferir que si existe variabilidad suficiente en la población de donde provienen las familias. Los coeficientes de variación oscilaron entre 1.23% a 17.0% para todas las características, haciendo excepción con el rendimiento, que tuvo un coeficiente de variación de 43.3%, los valores son confiables para las características, a excepción del rendimiento, esto se debe a que este carácter es afectado en mayor proporción por efectos ambientales que en esta localidad estuvieron representados por: fuerte ataque de pájaros y lagartijas, insectos y lluvias excesivas que en la etapa de maduración causaron pudriciones en los capítulos, aunque se usaron medidas de control, no fueron suficientes, y por lo tanto, se cambió la expresión genética de rendimiento en la mayoría de los genotipos. El rendimiento dentro de familias, varió de 0.22 a 5.32 T/ha, con una media de 1.93 T/ha (Cuadro 9). La localidad 2, produjo 59.27% más rendimiento de semilla que la localidad 1. El contenido de aceite fluctuó entre 30.2 a 40.3% con un promedio de 38.3% entre familias y ese valor fue 1.46% más alto que en la localidad 1. El porcentaje de contenido de proteínas, osciló entre 25.23% a 33.1%, con una media de 29.60% entre los genotipos (Cuadro 9), la variación fue menos considerable que en la localidad 1, pero el promedio fue bastante similar en ambas localidades. El diámetro de los capítulos varió entre 7 cm a 24 cm y su promedio fue de 14.4 cm, esta característica tuvo un incremento de 11.64% con respecto a la localidad 1. La altura de las plantas se encontró entre 86 cm a 220 cm, y en su

Agua Nueva.

En el Cuadro 11, se encuentran los promedios entre los grupos de las diferentes características bajo estudio en la localidad 2. El rendimiento entre grupos observó una variación de 1.58 (Grupo 4), a 2.5 (Grupo 8), toneladas por hectárea, con promedio de 1.93 T/ha, lo que representa un incremento de 244.3% con respecto a la localidad 1, valor realmente muy considerable y aunque en esta localidad se presentaron factores adversos, debe de considerarse que aquí no se afectó el follaje del cultivo como en la localidad 1, por el efecto de la fuerte granizada.

Con respecto al porcentaje del contenido de aceite entre grupos, este fluctuó de 38.9% (Grupo 8) a 37.7% (Grupo 4), el valor de la variación correspondió a 1.2%.

El Grupo 8 fue superior a los demás con relación al contenido de proteínas con 30.2%, mientras que el Grupo 2 presentó los porcentajes mas bajos de esta característica con 28.92%; la variación tuvo un valor de 1.3%.

En esta localidad se observa que el grupo 8 fue consistentemente el mejor para tres características importantes: diámetro de capítulos, 15.3 cm; porcentaje de aceite, 38.9%; y porcentaje de proteína, 30.2%. El grupo 1 fue superior a todos en el rendimiento con 2.5 T/ha, este grupo fue también superior en rendimiento en la localidad 1, ese resultado puede servirnos para seleccionar las familias que lo integran cuando nuestro objetivo principal sea incrementar el rendimiento. Los grupos 4, 7, 4 y 2 fueron inferiores, respectivamente, para diámetro de capítulos, rendimiento, porcentaje de aceite y porcentaje de proteínas.

Los parámetros genéticos (Cuadro 12), obtenidos en esta localidad, como son varianza genotípica y heredabilidad, para las diferentes características consideradas en este estudio -

Cuadro 11. Valores medios de los ocho grupos en la localidad U.A.A. "A.N.", para cuatro características.

Grupo	Diámetro de capítulo en (cm)	Grupo	Rendimiento (Ton/ha)	Grupo	% Aceite Transformado	Grupo	% Proteína Transformada
8	15.31	1	2.50	8	38.93	8	30.18
7	14.79	2	2.39	6	38.87	7	30.01
6	14.76	3	2.08	5	38.66	4	29.88
5	14.37	8	1.93	3	38.18	6	29.75
3	14.36	5	1.81	7	38.13	5	29.59
2	14.02	4	1.59	1	38.04	3	29.38
1	13.92	6	1.58	2	38.00	1.	29.04
4	13.89	7	1.58	4	37.67	2	28.92

muestran el mismo tipo de tendencia que para la localidad 1, ya que la varianza genotípica varía de 1.22 para rendimiento a 631.8 para altura de capítulos; las varianzas genotípicas más bajas fueron, para porcentaje de aceite, 4.92; porcentaje de proteínas, 2.24; y rendimiento con 1.22; caracteres controlados por genes cuantitativos y con efecto directo del medio ambiente. La heredabilidad aumentó en sus valores en esta localidad con respecto a la localidad 1, para las características de porcentaje de aceite en 25.28% más de heredabilidad, porcentaje de proteínas 12.99% más que en la localidad 1, días a floración 29.52% y madurez fisiológica 32.92%, en estos caracteres se observa un alto valor del efecto del genotipo sobre el fenotipo y la influencia ambiental no es de gran importancia, como el rendimiento que refleja de inmediato el efecto del medio ambiente, en este caso, el valor de heredabilidad para el rendimiento, fue menor en 6.54% en esta localidad. Sin embargo, se obtuvieron mayores rendimientos que en la localidad 1. Debe considerarse que los altos grados de heredabilidad facilitan la selección aune en generaciones tempranas.

Las ganancias por ciclo (Cuadro 12), fueron: 1.51%, 3.38% y 2.11%, para las características de rendimiento, porcentaje de aceite y porcentaje de proteínas respectivamente; la ganancia por ciclo en el porcentaje de aceite en esta localidad es un 19.86% superior que en la localidad 1, aunque las ganancias por ciclo para proteínas son prácticamente iguales con 2.24% - localidad 1 y 2.11% localidad 2, pero en el rendimiento se obtuvo una ganancia por ciclo superior en esta localidad con 1.51 con una diferencia de 60.63% a favor con respecto a la localidad 1. Estos altos valores de porcentajes de ganancia por ciclo de estas características muy importantes agrónomicamente, deben tomarse en cuenta para proseguir con el programa de selección recurrente, con este material, en esta localidad.

Las correlaciones fenotípicas entre las diferentes características de girasol en la localidad 2, se presentan en el Cuadro 13, se encontró que en este ambiente, existe correlación

Cuadro 12. Parámetros genéticos de las siete características de girasol en la localidad

U.A.A. "A.N."

Parámetros genéticos	Días a floración	Días a maduración fisiológica	Altura de capítulos	Diámetro de capítulo	Rendimiento (Ton/ha)	% Aceite Transfor mado	% Proteína Transformada
$\sigma_e^2$	1.94	0.84	618.98	5.97	0.56	0.119	0.85
$\sigma_g^2$	23.39	7.33	631.79	7.82	1.22	4.92	2.24
$\sigma_{ph}^2$	24.37	7.75	941.28	10.81	1.56	5.01	2.66
$H^2$ (%)	96.00	94.57	67.12	72.37	78.67	98.14	84.03
$G_c$	8.19	4.14	31.71	3.66	1.51	3.38	2.11
G/año	2.73	1.38	10.57	1.22	0.50	1.12	0.70

Cuadro 13. Correlaciones fenotípicas entre siete características en U.A.A. "A.N."

	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Altura de capítulos (cm)	Diámetro de capítulo (cm)	Rendimiento (Ton/ha)	% de aceite formado	% de proteína transferida
Días a floración	- - -	-0.074	-0.049	-0.012	-0.024	-0.042	-0.047
Días a madurez fisiológica	- - -	- - -	0.220**	-0.047	0.022	-0.130	0.004
Altura de capítulos	- - -	- - -	- - -	0.344**	0.081	0.028	0.071
Diámetro de capítulos	- - -	- - -	- - -	- - -	0.228**	0.060	0.086
Rendimiento	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	0.310	-0.084
% de aceite transferido	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	0.107

\* Significativo al nivel de 5% de probabilidad

\*\* Significativo al nivel del 1% de probabilidad

positiva y significativa entre el rendimiento y el diámetro de capítulo ( $r = 0.228$ ), entre la altura de los capítulos y el diámetro de los capítulos ( $r = 0.344$ ) y entre los días a madurez fisiológica y la altura de los capítulos ( $r = 0.220$ ), otras correlaciones entre diferentes características, mostraron la misma tendencia que en la localidad 1. Los coeficientes de determinación calculados para las correlaciones positivas entre las características, mostraron valores de importancia con respecto al efecto ambiental, el diámetro del capítulo tiene un efecto atribuible del 5.2% sobre el rendimiento y el ambiente ejerce un 94.80%, la altura de los capítulos contribuye con un efecto de 11.83% sobre el diámetro de los capítulos, pero el ambiente influye en un 88.17% sobre el mismo carácter y los días a madurez fisiológica tienen un 4.84% de efecto sobre la altura del capítulo, pero el ambiente interviene con un 95.16% sobre la altura, nuevamente se observa que el ambiente es determinante para la expresión de los caracteres.

El Cuadro 14 presenta las mejores familias de la localidad 2, seleccionadas por su alto contenido de aceite, en esta localidad se encuentran entre estos genotipos, los mejores para rendimiento y prácticamente todos están entre los más aceptables para todas las características, no habiendo sucedido así en la localidad 1. En este ambiente, la selección para un carácter como contenido de aceite, facilita en forma indirecta la selección para las otras características que contribuyen como componentes del rendimiento.

### Análisis Combinado

El análisis de varianza combinado (Cuadro 15), para las dos localidades, reveló diferencias significativas para cinco características: rendimiento, contenido de aceite, contenido de proteínas y altura de capítulo, no mostrándose diferencias significativas para días a floración y madurez fisiológica, lo que indica variabilidad considerable para las primeras cir

Cuadro 14. Medias (x), de siete características de las mejores 20 familias B1 en la localidad U.A.A. "A.N." seleccionadas por alto contenido de aceite

Genotipos	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Altura de capítulo (cm)	Diámetro de capítulo (cm)	Rendimiento	% de aceite formado	% de proteína formada
1*	54.0	76.0	155.0	15.0	0.80	41.90	29.95
2*	63.0	75.0	163.5	12.5	1.60	41.75	29.60
3	60.0	74.0	151.5	14.5	3.24	41.55	27.90
4	57.0	75.0	146.0	12.5	2.45	41.10	28.95
5	57.0	74.0	140.5	10.5	0.84	40.85	28.00
6*	55.0	76.0	172.0	18.0	1.60	40.75	28.70
7	60.0	76.0	163.5	11.5	0.69	40.65	30.45
8*	56.0	75.0	150.5	10.5	0.85	40.55	29.55
9*	60.0	73.0	154.5	11.5	0.05	40.50	30.60
10	53.0	76.0	163.5	15.5	4.20	40.45	31.15
11	61.0	76.0	148.0	13.5	2.53	40.30	30.85
12	63.0	76.0	142.5	17.0	2.69	40.15	28.35
13	59.0	75.0	157.0	11.5	1.51	40.15	29.50
14	56.0	76.0	150.0	13.0	0.78	40.15	20.90
15	51.0	76.0	146.5	11.5	2.25	40.15	29.40
16	55.0	76.0	160.5	13.0	2.03	40.10	27.55
17	55.0	76.0	193.15	16.5	5.03	40.10	29.75
18*	63.0	75.0	126.5	13.5	1.32	40.00	30.60

Continúa ...

Continuación Cuadro 14

Genotipos	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Altura de capítulo (cm)	Diámetro de capítulo (cm)	Rendimiento	% de acei- te trans- formado	% de prote- ína trans- formada	
19	94	56.0	76.0	150.0	13.5	3.15	40.00	30.25
20	127	57.0	76.0	136.5	14.5	1.58	39.95	31.00
21	37	60.0	78.0	139.0	12.0	2.24	39.90	28.05
22*	126	62.0	77.0	188.5	16.5	1.71	39.90	30.05
23	149	57.0	76.0	161.0	14.0	0.70	39.90	30.90
24	125	58.0	75.0	155.5	16.0	2.41	39.75	30.10
25	105	63.0	81.0	206.0	21.0	2.81	39.70	30.20

\* Aparecen entre las mejores en ambas localidades

Cuadro 15. Análisis de varianza combinada para siete caracteres en 152 líneas S<sub>1</sub>, en dos lo calidades

Fuentes de Variación	gl	C U A D R A D O S M E D I O S						
		Días a floración	Madurez fisiológica	Altura de capítulo	Diámetro de capítulo	Rendi- miento	Contenido de aceite	Contenido de proteína
Localidades	1	39152.37**	99988.83**	258513.76**	429.48**	198.95**	7.48**	0.03
Rep/Localidad	2	11.11	725.88**	16290.36**	190.59**	2.74*	7.17**	21.26**
Grupos	7	33.84	99.98	3015.76**	18.39**	3.84**	17.77**	6.10**
Grupos x Loc.	7	54.37	112.08	944.23	24.46**	2.64*	5.67	7.68**
Gpo x Rep/Loc.	14	27.24	141.17	946.60	20.24**	1.35	3.28	3.22*
Familia/Grupo	144	34.97	38.56	548.27	7.92	0.91	5.56	3.43
Fam x Loc/Gpo.	144	25.08	35.12	405.04	6.76	0.75	3.95	1.85
E r r o r	288	19.25	41.84	440.21	6.72	0.41	1.81	1.65
C.V.		6.56	7.36	16.01	19.07	47.06	3.54	4.34

\* Significancia para el nivel de 5% de probabilidad

\*\* Significancia para el nivel de 1% de probabilidad

CV Coeficiente de variación

co características entre grupos, aun cuando los grupos fueran formados aleatoriamente. El mismo análisis mostró para la variable familias dentro de grupos, diferencias significativas para un solo carácter, que fue el porcentaje de contenido de proteínas, esto indica que dentro de familias no existe variabilidad considerable para tales características, excepto el porcentaje de proteínas contenidas cuando se consideran ambas localidades simultáneamente, pero cabe indicar que en la localidad 1 hubo diferencias significativas dentro de familias para el carácter días a floración y para el mismo carácter, el porcentaje de aceite y días a madurez fisiológica en la localidad 2. En la localidad 1 y en el análisis combinado, no se encontró diferencia significativa para el contenido de aceite pero en la localidad 2, si existieron diferencias significativas para el porcentaje de aceite contenido en las semillas entre familias, los valores de la localidad 1 influyen para disminuir los valores del análisis combinado para esta característica, este carácter, según varios investigadores, es de un control genético cuantitativo con gran influencia ambiental.

Allesi *et al* (1974), encontraron que el rendimiento y el porcentaje del contenido de aceite son superiores en densidades bajas de población.

Pogorletkii (1968), estudió la intensidad de la radiación solar en varias fases de crecimiento y desarrollo, y los datos referentes al contenido de aceite en las semillas, estableciendo una relación entre el número de horas de luz solar durante la época de siembra, hasta la fase de dos pares de hojas y la acumulación de aceite. Alexander (1963), observó que el contenido de aceite en las semillas es fuertemente afectado por las temperaturas en la fase de la formación de las semillas; Vrânceanu (1974), concluye que el rendimiento, contenido de aceite y el contenido de proteínas, son de un control genético de tipo cuantitativo, con fuerte influencia ambiental.

Debe tomarse en cuenta que la localidad 1 se vió sometido el cultivo a una intensa granizada y esta falta de significancia entre familias para el contenido de aceite, es una consecuencia de la fuerte defoliación, ya que según Saumel (1976) existe una defoliación natural que se presenta al finalizar el ciclo vegetativo, cerca de la cosecha y que no tiene influencia en el rendimiento, ni en el contenido de aceite, pero la defoliación prematura provocada por agentes adversos como plagas y enfermedades y agentes climáticos como granizo, de acuerdo al momento en que se presenten, causan serios daños en su producción, ya que existe una correlación positiva entre el área foliar y el rendimiento y el porcentaje de aceite, asimismo, Zali y Samadi (1978), reportaron que observaron positiva y significativa correlación entre el número de hojas y el porcentaje de aceite en las semillas y entre la circunferencia del tallo y el porcentaje de embriones productores de plantas con alto contenido de aceite.

El aparato foliar juega un papel decisivo en la formación y producción de semillas. El más importante lo tienen las hojas del nivel medio. Las hojas básicas y las del extremo de la planta son menos activas (Jdanova, 1967), Johnson (1972), observó que eliminando follaje antes de la floración, se ocasiona una disminución de la producción de semillas y que el porcentaje de aceite se vió menos afectado cuando se dejaron un mínimo de ocho hojas.

Vrebalov (1972), citado por Vrânceanu (1974), encontró que las hojas medianas tienen el papel mas importante en el rendimiento y en el contenido de aceite en la variedad VNIIMK 8931, al eliminar las hojas medias el rendimiento disminuyó en un 45% y el contenido de aceite en un 5.6%. Lo anterior corrobora la importancia primordial del follaje y explica el porqué en la localidad 1 con fuerte defoliación, no se encontraron diferencias significativas para familias para el contenido de aceite y esta falta de significancia, también influyó

mismo caracter.

El análisis combinado reveló para la fuente de variación localidades, que existen diferencias altamente significativas para la mayoría de las características, exceptuando el porcentaje de contenido de proteínas, esto puede ser una consecuencia de la falta de fertilización, ya que no se fertilizó para poner los experimentos en las condiciones que siembran los agricultores en las áreas de temporal, la proteína se considera un resultado directo del contenido de nitrógeno disponible en el suelo y en estos experimentos se careció de este elemento, se demuestra así mismo, que entre localidades existe una fuerte variación con respecto a los factores ambientales que influyen considerablemente en las características susceptibles a ellos, las mismas características a su vez, interactúan de acuerdo a los valores de sus respectivas correlaciones, las características de importancia económica que son influenciadas por el medio ambiente según Vrânceanu (1974), son el rendimiento, el contenido de aceite y el contenido de proteína y el mismo autor les adjudica un control genético de tipo cuantitativo. Los coeficientes de variación (Cuadro 16) mostraron valores entre 3.54% a 19.07% entre la mayoría de los caracteres, exceptuando al rendimiento, que mostró 47.06%, son muy aceptables los primeros y reflejan que el diseño fue adecuado en el caso del rendimiento, se explica ese valor por factores adversos y determinantes, como el daño por plagas de insectos, reptiles y pájaros, principalmente, los errores estándar presentan valores muy confiables con respecto a sus medias, por lo que las mismas medias se consideran adecuadas como estimadores de sus medias poblacionales.

Los parámetros genéticos del análisis combinado (Cuadro 17), con respecto a varianza genética, varianza fenotípica y varianza del error, mostraron la misma tendencia que existió en ambas localidades consideradas particularmente. Pero los valores de heredabilidad en sentido amplio en este análisis fluctuaron entre 65.04% a 76.74% entre las diferentes caracte

Cuadro 16. Valores medios ( $\bar{x}$ ), error estándar de las medias ( $S_{\bar{x}}$ ) y coeficientes de variación de las siete características en el análisis combinado

	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Altura de capítulos (cm)	Diámetro de capítulo (cm)	Rendimiento (Ton/ha)	% de acei- te trans- formado	% de prote- ína trans- formada
$\bar{x}$							
Medias	66.97	87.87	130.59	13.59	1.36	38.03	29.59
$S_{\bar{x}}$							
Error estándar	0.35	0.52	1.70	0.21	0.05	0.11	0.10
C.V.							
Coefficientes de variación	6.56	7.36	16.06	19.06	47.05	3.53	4.34

rísticas, indicando el efecto de los genotipos sobre los fenotipos correspondientes en un grado bastante aceptable, ya que se pueden considerar como altos, los cuales pueden ser utilizados en los procesos de selección en los programas de mejoramiento tomando en cuenta que cada carácter tiene aspectos especiales de heredabilidad.

Aguirre (1983), encontró, en una sola localidad, 81.95% de heredabilidad para el contenido de aceite y supone que este carácter, en ese experimento, tuvo mayor influencia del genotipo que del ambiente para obtener un valor tan alto de heredabilidad.

Fick (1975), observa que es posible obtener incrementos en el contenido de aceite, basándose en selecciones de plantas con alta heredabilidad, en generaciones tempranas.

Miller, Fick y Cedeño (1977), utilizando el método sugerido por Fick en 1975, lograron, después de tres ciclos de selección recurrente, incrementos en el contenido de aceite hasta por un valor de 12.4% de heredabilidad.

Vrânceanu (1970), menciona que la heredabilidad del contenido de aceite en las semillas es de 65 a 72%. Nicolici-Vig *et al*, citados por Fick (1978), obtuvieron porcentajes de 57 a 75% de heredabilidad para el contenido de aceite en las semillas. Skoric (1974), menciona que el contenido de aceite resulta de la interacción de la producción de semilla y del contenido de aceite en las mismas semillas.

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, en el análisis combinado fue menor que en los análisis particulares de cada localidad, pero aun así, se puede considerar muy aceptable ya que se vio sometido el cultivo a factores muy adversos para lograr un buen rendimiento, el valor de heredabilidad obtenido -

fue de 65.94%, varios investigadores como Kloczowski (1975), Pathak (1974), reportaron 18% y 57% de heredabilidad respectivamente para el rendimiento. Céspedes (1982), obtuvo un 48.41 de heredabilidad, para rendimiento en líneas  $S_1$  evaluadas en tres ambientes. Aguirre (1983), encontró 41.52% de heredabilidad en rendimiento en un solo ambiente (Cuadro 17).

Por las correlaciones obtenidas del diámetro del capítulo con el rendimiento en las dos localidades en particular y combinadas, es importante tomar en cuenta que este caracter mostró un 69.10% de heredabilidad y puede usarse como un criterio indirecto de selección para rendimiento, ya que es uno de los más importantes de los componentes de rendimiento.

Los valores del error estándar de heredabilidad para todas las características estudiadas, se consideran dentro de los límites de confiabilidad que dan certeza en la aceptación de las estimaciones de los valores de heredabilidad.

Los objetivos básicos del Programa de Mejoramiento del Gasol de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" son incrementar el rendimiento de semilla por unidad de superficie y, por lo tanto, en este estudio se definen los valores de ganancia genética por año para ambas características, considerando así mismo, las otras características, ya que algunas de ellas influyen en las dos que importan al programa. Uno de los intereses del estudio fue evaluar las mejores familias  $S_1$ , y por eso se sometieron las líneas evaluadas a una presión de selección del 16.5%, ya que solamente se seleccionaron las mejores 25 líneas con respecto al contenido de aceite y al rendimiento, las mismas que seguirán en el ciclo de selección recurrente para su recombinación y formación de la nueva población base para los ciclos de selección recurrente. Las familias  $S_1$  mostraron ganancias genéticas por ciclo de 1.19 T/ha y de 3.6% para rendimiento y contenido de aceite respectivamente, los que representan 396 kg/ha y 1.23% respectivamente de ganancia

Cuadro 17. Parámetros genéticos de siete características de girasol, del análisis combinado de las localidades Agua Nueva y U.A.A."A.N."

Parámetros genéticos	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Altura de capítulos	Diámetro de capítulos	Rendimiento (Ton/ha)	% de Aceite Transformado	% de Proteína Transformada
$\sigma_e^2$	19.25	41.84	440.21	6.72	0.41	1.81	1.65
$\sigma_g^2$	47.51	56.12	750.79	11.30	0.909	7.54	4.33
$\sigma_{ge}^2$	25.08	35.12	405.04	6.76	0.751	3.95	1.80
$\sigma_{ph}^2$	64.86	84.14	1063.36	16.36	1.387	9.96	5.64
$H^2$ (%)	73.25	66.70	70.61	69.07	65.94	75.63	76.74
EE( $H^2$ )	0.0075	0.0068	0.0019	0.0152	0.0582	0.0122	0.0256
$G_C$	9.08	9.42	35.46	4.30	1.19	3.68	2.87
G/AÑO	3.03	3.14	11.82	1.43	0.396	1.23	0.94

lades con dos repeticiones, y se obtuvieron valores aceptables, el mejorador, si no dispone de recursos, puede especular cuales serían los valores de ganancia por ciclo con los mismos materiales, considerando otras alternativas. En el Cuadro 18, se presentan las ganancias por ciclo esperadas para varias alternativas del número de estaciones por año, y en el Cuadro 19, se presentan las ganancias esperadas por año, considerando evaluaciones en 2, 3 y 4 localidades con 2, 3 y 4 repeticiones por año.

Las correlaciones fenotípicas entre las diferentes características, para el análisis combinado (Cuadro 20), indicaron el mismo tipo de asociaciones, que se encontraron en ambas localidades, pero las características de altura de capítulos y el diámetro de los mismos, en todos los casos, mostraron correlaciones positivas y significativas, así también, el diámetro del capítulo mostró correlación positiva y significativa con el rendimiento, por lo que podría usarse este carácter para seleccionar individuos con alto rendimiento, a su vez, la altura podría ser una forma de selección indirecta para el rendimiento, ya que está correlacionada positiva y significativamente con el diámetro de los capítulos. Dos caracteres importantes como el rendimiento y el contenido de aceite, muestran no encontrarse correlacionados en este trabajo, pero el porcentaje de aceite tampoco mostró correlación deseable con ninguno de los caracteres, esto demostró que obtener plantas con alto rendimiento y alto contenido de aceite, es un problema que requiere de más estudio.

Fick (1978), indicó que la aditividad genética es la responsable del contenido de aceite en las semillas, pero para el rendimiento, señaló que predominan los efectos no aditivos.

Shabana (1974), observó que entre el rendimiento de semilla y el porcentaje de aceite contenido en las mismas semillas, existían correlaciones negativas y altamente significativas y señala que el mejoramiento simultáneo para ambas características

aceite, considerando tres situaciones con el mismo número de repeticiones.

Características	GANANCIA POR CICLO			
	Ganancia por año	2 Estaciones similares por año	2 Estaciones no similares por año	3 Estaciones por año
Contenido de aceite en %	3.68	2.45	1.84	3.68
Rendimiento en Ton/ha	1.19	0.79	0.60	1.19

- 1 Dos estaciones similares por año (2 ensayos de rendimiento por año)
- 2 Dos estaciones no similares por año (ensayo de rendimiento en solamente una estación)
- 3 Tres estaciones por año (1 ensayo de rendimiento por año, 2 estaciones de no ensayo de rendimiento).

Cuadro 19. Ganancias por ciclo y heredabilidad esperadas para el contenido de aceite y el rendimiento, considerando diferente número de ambientes y repeticiones para las condiciones de las localidades en que se evaluaron las líneas S<sub>1</sub> (tres estaciones por año)\*

Ambientes	ALTERNATIVAS		RENDIMIENTO		ACEITE	
	Repeticiones	G <sub>c</sub>	H <sup>2</sup> (%)	% D.E.	G.C.	H <sup>2</sup> (%)
2	2	1.19	65.94	3.68		75.63
2	3	1.20	67.21	3.70		76.90
2	4	1.21	68.06	3.72		77.38
3	2	1.26	74.06	3.84		82.23
3	3	1.27	75.45	3.86		83.22
3	4	1.28	76.17	3.87		83.69
4	2	1.30	79.19	3.92		86.12
4	3	1.31	80.38	3.94		86.87
4	4	1.32	81.00	3.95		87.25

CALIDADES AGUA NUEVA (LOCALIDAD 1) Y U.A.A. A.N. (LOCALIDAD 2).

	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Altura de capítulos	Diámetro de capítulos	Rendimiento	% de acei- te trans- formado.	% de proteína transformada
Días a floración	- - -	0.890**	-0.517**	-0.220**	-0.484**	-0.118	-0.013
Días a madurez fisiológica	- - -	- - -	-0.508**	-0.191*	-0.491**	-0.177*	0.015
Altura de capítulo	- - -	- - -	- - -	0.464**	0.433**	0.109	-0.002
Diámetro de capítulo	- - -	- - -	- - -	- - -	0.384**	0.011	0.060
Rendimiento	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	0.066	-0.014
% de aceite transformado	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	0.031

\* Significativo para un nivel de 5% de probabilidad

\*\* Significativo para un nivel de 1% de probabilidad

características puede ser, en consecuencia, difícil.

La correlación entre los días a floración y días a madurez fisiológica, mostraron correlación positiva y altamente significativa, por lo tanto, las plantas precoces en floración, llegan mas pronto a la etapa de cosecha, puede tomarse como deseable la correlación para seleccionar individuos que sea necesario tengan la capacidad de escape a efectos ambientales o a plagas.

Correlaciones negativas y altamente significativas se encontraron entre días a floración y rendimiento, diámetro de capítulos, y altura de capítulos, así mismo, con valores significativos y negativos, se encontraron correlacionados los días a madurez fisiológica con rendimiento, porcentaje de aceite, diámetro de capítulos y la altura de los capítulos, esto muestra que entre las líneas S<sub>1</sub> evaluadas, las mas precoces son las menos rendidoras y menor productoras de aceite.

Los coeficientes de determinación calculados para los valores de las correlaciones que mostraron diferencias positivas y significativas en el análisis de covarianza combinado, indicaron que los efectos entre características, tienen un importante valor debido a la influencia ambiental. Entre el diámetro del capítulo y el rendimiento, se encontró un efecto del primero sobre el segundo de 14.75%, siendo un 85.15% el valor de la influencia ambiental, la altura del capítulo tiene una influencia de un 18.75% sobre el rendimiento y el ambiente un 81.25%, así también, la altura del capítulo influye en un 11.53% en el diámetro del capítulo y el ambiente en un 78.47%, los días a floración influyen en un 79.21% sobre la madurez fisiológica y el ambiente mostró entre estos caracteres el valor mas bajo con 20.79%, de acuerdo a los valores de determinación, la correlación mas afectada por el medio ambiente es la que existe entre el diámetro del capítulo y el rendimiento, y la correlación que menos efecto sufre por el ambiente, es la que existe entre los días a floración y los días a madurez fisiológica.

lógica.

A través de esta investigación, se identificaron las mejores líneas S<sub>1</sub>, (Cuadro 21), entre el total de las 152 entradas que fueron incluidas en las dos localidades para su evaluación; la selección se ejecutó en base al contenido de aceite, considerando que el rendimiento no era representativo de su valor genético por los efectos adversos que se presentaron en ambos ambientes, el rendimiento dentro de estas líneas oscila entre 0.44 T/ha (S<sub>1</sub>-149), a 1.76 T/ha (S<sub>1</sub>-148); el contenido de aceite presenta un rango en estas líneas de 39.07% (S<sub>1</sub>-113), a 41.37% (S<sub>1</sub>-103), con una media de 39.76%; es también considerable el contenido de proteínas de estas líneas, ya que su rango fue de 27.65% a 31.02%, es necesario valorar la calidad de estas proteínas, ya que pueden seguirse programas de mejoramiento para incrementar el porcentaje de proteína en el girasol, con fines de uso alimenticio.

Cuadro 21. Medias ( $\bar{x}$ ) de siete características de las mejores 25 familias S<sub>1</sub> en las dos localidades, seleccionadas jerárquicamente por su porcentaje de contenido de aceite

Genotipos	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Altura de capítulo (cm)	Diámetro de capítulo (cm)	Rendimiento (Ton/ha)	% de aceite transformado	% de proteína transformada
1	72	91	143.25	12.00	1.014	41.37	30.22
2	62	84	130.75	14.75	1.171	41.35	29.82
3	67	92	131.75	12.75	1.277	41.15	29.85
4	69	89	140.25	12.25	0.686	40.62	30.12
5	65	91	145.25	15.75	1.272	40.20	28.60
6	69	87	128.00	13.50	0.995	40.15	29.97
7	69	94	135.75	12.25	0.902	39.97	29.77
8	66	88	108.75	14.25	1.485	39.95	29.80
9	72	92	159.25	16.50	1.106	39.95	29.57
10	70	84	119.50	14.50	1.248	39.85	29.27
11	77	97	145.75	13.00	1.096	38.55	30.62
12	62	92	142.00	14.00	1.087	39.60	30.40
13	63	87	117.75	12.50	1.046	39.52	31.02
14	68	93	134.00	11.75	0.439	39.47	31.00

Continuación Cuadro 21

Genotipos	Días a floración	Días a madurez fisiológica	Altura de capítulo (cm)	Diámetro de capítulo (cm)	Rendimiento (Ton/ha)	% de aceite formado	% de proteína formada	
15	97	69	90	160.00	16.00	1.272	39.42	30.27
16	31	65	86	131.25	12.00	1.130	39.40	29.15
17	28	64	83	133.50	12.50	1.665	39.35	30.10
18	95	61	86	113.50	11.25	1.534	39.35	28.60
19	148	68	90	135.50	15.00	1.756	39.32	28.95
20	100	69	88	154.75	14.50	1.523	39.25	29.55
21	121	68	87	141.00	15.75	1.290	39.15	29.87
22	92	60	82	113.50	14.00	1.651	39.12	27.65
23	41	69	85	104.00	11.75	1.122	39.10	28.80
24	78	64	90	137.00	13.50	0.684	39.10	29.30
25	113	71	89	113.00	13.00	0.899	39.07	29.07

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el presente estudio se evaluaron 152 familias  $S_1$  de girasol, derivadas de la población CSM-80 ( $C_1$ ) con amplia base genética, con el propósito de determinar a través de sus parámetros genéticos estimados, los valores correspondientes a ganancias genéticas por ciclo y heredabilidad, así como las correlaciones y coeficientes de determinación entre las características de mayor importancia agronómica en el cultivo.

Se sembraron los materiales en dos localidades con dos repeticiones, bajo un diseño de bloques incompletos al azar.

Los análisis de varianza revelaron que en la localidad de Agua Nueva, las ganancias por ciclo para el porcentaje de aceite contenido en las semillas, el rendimiento y el diámetro de los capítulos, fueron menores que en la localidad de la U.A.A."A.N."

Los valores de heredabilidad en sentido estrecho mostraron que en la localidad de Agua Nueva, tiene mayor valor para rendimiento que en la localidad de la U.A.A."A.N.", pero esta última tuvo mayores valores de heredabilidad para el porcentaje de aceite en las semillas y el diámetro de los capítulos.

El análisis de varianza combinado, que proporciona una mejor estimación y confiabilidad, reveló valores de ganancias por ciclo mayores que en ambas localidades para dos características: porcentaje de aceite contenido en las semillas y el diámetro de los capítulos; para el rendimiento, la ganancia por ciclo en el análisis combinado representó un valor inter-

estimada para cada carácter, mostró para el rendimiento un valor menor que los de cada localidad en particular, para el porcentaje de aceite se encontró una heredabilidad con valor intermedio con respecto a las de las localidades y esa misma tendencia mostró la heredabilidad para el diámetro de los capítulos, estos valores muestran en el análisis combinado el efecto de la interacción genotipo ambiente y de factores adven-  
sos durante el ciclo vegetativo en cada localidad.

Se encontró que existen correlaciones positivas y significativas entre el rendimiento, diámetro de los capítulos y la altura de los capítulos. El porcentaje de aceite mostró estar correlacionado negativa y significativamente con los días a madurez fisiológica, pero no mostró correlación importante con ninguno de los otros caracteres.

Los valores de los coeficientes de determinación son grandes y demuestran que las variaciones de un carácter atribuible al otro en su correlación, son relativamente pequeños, a excepción de la correlación existente entre los días a floración y la madurez fisiológica en donde el efecto ambiental solo representa un valor de 20.79%.

En base a esta investigación, se puede concluir que el método de selección recurrente a través de líneas  $S_1$  en girasol es efectivo para las estimaciones de las ganancias genéticas por ciclo y de las heredabilidades de los caracteres, aun cuando se deben tomar los valores estimados con reservas, ya que la varianza genética de las líneas tiene un componente de varianza de dominancia integrado que, en consecuencia, tiende a inflar los valores de los parámetros estimados.

Por el método de selección recurrente a través de líneas  $S_1$ , es posible obtener valores de generaciones tempranas para efectuar selección en las progenies prometedoras sin avanzar mucho en endogamia. Se considera que el método es un recurso efectivo que puede utilizarse para mejorar el contenido de ace-

te de las semillas y el rendimiento de las mismas en el girasol.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre, B.M. 1983. Evaluación de 240 familias de medios hermanos en girasol *Helianthus annuus* L, para diferentes características agronómicas. II Estudio de parámetros genéticos y correlaciones. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".
- Alessi, J.; F. Power and D. Zimmerman. 1974. Sunflower yield and water use a influenced by planting date, propulation and row spacing. *Agronomy Journal* 69(3). p 465 - 469.
- Allard R.W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Trad. José L. Montoya. 4a. Ed. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España.
- Alexander, D.E. 1963. The "Lysenko method" of increasing oil content of sunflower. *Crop Sci.* 3:279 - 280.
- Brauer, O. 1978. Fitogenética aplicada. Editorial LIMUSA, México.
- 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, Arnel. R. Hallauer and S.A. Eberhart 1971. Evaluation of synthetic populations developed from maize variety (BSK) by two methods of recurrent selection *Crop Sci.* 11:361 - 365.

- angal, V.R., S. M. Ali, A.F. Koble, E.H. Rinke and J.C. Sents. 1971. Comparison of  $S_1$  with testcross evaluation for recurrent selection in maize. *Crop Sci.* II:658 - 661
- pedes, T.E. 1982. Selección recurrente en líneas  $S_1$  para rendimiento y contenido de aceite en girasol *Helianthus annus*, L. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".
- hran, G.W. y G.M. Cox. 1965. Diseños experimentales. Trad. Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 5ª impresión. Editorial Trillas, México.
- coner, D.S. 1981. Introducción a la genética cuantitativa. Trad. Fidel Sánchez Márquez. 10a. impresión. Cía. Editorial Continental, S.A. México.
- jul, P.L. 1976. Selección masal método modificado en segregantes de cruces de girasol cultivado *Helianthus annus* L, por silvestre *H. annus*, L, en Apodaca, N.L. Tesis D.C.A.M. I.T.E.S.M.
- k, 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.
- \_\_\_\_\_. and D.E. Zimmer. 1975. Influence of rust on performance of near isogenic sunflower hybrids. *Plant Dis. Rep.* 59:737-739.
- \_\_\_\_\_. 1975. Heritability of oil content in sunflower. *Crop. Sci.* 15:77 - 78.
- \_\_\_\_\_. 1978. Breeding and genetics in Sunflower Science and Technology. *Agronomy* 19. The American Society of Agronomy

- Ghanavati, N.A., E. Nahavandi and A. Ghaderi. 1981. Breeding sunflower for semi-arid regions. *J. Agric. Sci., Comb.* 9: 447 - 449.
- Genter, C.F. and M.W. Alexander. 1966. Development and selection of productive  $S_1$  inbreeds of corn *Zea mays* L, *Crop. Sci.* 6:429 - 431.
- Genter, C.F. 1973. Comparison of  $S_1$  and testcross evaluation after two cycles of recurrent selection in maize. *Crop. Sci.* 13:524 - 527.
- Hallauer, A.R. and J.B. Miranda. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press. Iowa, U.S.A.
- Jinahyon, S. and W.A. Russell. 1969. Evaluation of recurrent selection for stalk-rot resistance in an open-pollinated variety of maize. *Iowa State. J. Sci.* 43:229 - 237.
- Johnson, G.J. 1972. Raising sunflowers for doves. *Field crops abstracts.* Vol. 25, p. 578.
- Kloczowski, Z. 1975. Studies on some features of oil sunflower and their significance in breeding that plant in Poland. *Hodowla Rosl, Aklim. Nasienn.* 19(2):89 - 131.
- Kovacik, A., and V. Skaloud. 1972. The proportion of the variability component caused by the environment and the correlations of economically important properties and characters of the sunflower *Helianthus annuus* L. *Sci. Agric. Bohemoslov.* 4:249 - 261 (Plant Breed. Abstr 43:1800 - 1973)
- Miller, J.F., G.N. Fick, and J.R. Cedeño. 1979. Improvement of oil content selection for combining ability in an open pollinated variety of corn. *Agron. J.* 47:319 - 323.

- Moradi, A., and P. Vojdani. 1974. Study of the relationship - between leaf surface, grain yeild and oil percent in di fferent varieties of sunflower, p. 189-196. In Proc. 6t Int. Sunflower Conf. (Bucharest, Rumania).
- Pathak, R.S. 1974. Yield components in sunflower. p. 271-281. In Proc 6th Int. Sunflower Conf. (Bucharest, Rumania)
- Penny, L.H., G.E. Scott, and W.D. Guthrie. 1967. Recurrent se lection for European corn borer resistance Crop. Sci. 7:407 - 409.
- Pogorletkii, B.K. 1968. Naucino-tehn biul. Vses. Selek. Genet Inst. 9:70 - 74.
- Putt, E.D. 1943. Association of seed yield and oil content with other characters in the sunflower. Sci. Agr. 23:373-383.
- Ross, A.M. 1939. Some morphological characters of *Helianthus annus* L, and their relations to the yield of seed and oil. Sci. Agric. 19:372-379.
- Russell, W.A. 1953. A study of the inter-relationships of see yield, oil content, and other agronomic characters with sunflower inbred lines and their top crosses. Can. J. Agric. Sci. 33:291-314.
- Saumel, H. 1976. Girasol. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Ai res, Argentina.
- Shabana, R. 1974. Genetic variability of sunflower varieties and inbred lines. In procedings of the 6th Internationa Sunflower conference. pp 263-269.

- Shcherbak, S.N., and V.V.Efremova. 1966. Photosynthetic force and productivity of some varieties of sunflower. Sb. Rol Malinchn kult. 3:55-59 (Transl-Indian Natl Scientific Documentation Centre, New Delhi, 1968).
- Sprague, G.F. and Brimhall. 1950. Relative effectiveness of two systems for selection for oil content of the corn kernel. Agron. J. 42:83 - 88.
- Sprague, G.F., P.A. Miller, and B. Brimhall. 1952. Additional studies of the relative effectiveness of two systems of selection for oil content of the corn kernel. Agron. J. 44:329-331.
- Sprague, G.F. and S.A. Eberhar. 1977. Corn breeding. Chapter. Corn and corn improvement. Edited by G.F. Sprague. The American Society of Agronomy, Inc. Madisson Wisconsin, U.S.A.
- Schuster, W. 1964. Inbreeding and heterosis in sunflower *Helianthus annuus* L, Wilhelm Schimitz Verlay, Giessen. p. 135 (Plant Breed Abstr. 37:1207-1967).
- Schuster, W. 1970. Die auswir Kungen der fortgesetzten inzucht ung vun Io bis I18 auf verschiedene merk male der sonner blume. Z. Pfbnzenzvecht. 64:310-334.
- Vânceanu, A.V. 1977. El girasol. Trad. A. Guerrero G. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Zali, A.A. and B.Y. Samadi. 1978. Association of seed yield and seed oil content with other plant and seed characteristics in *Helianthus annuus* L, 8th. Int. Sunflower Conf. (Minneapolis, Minnesota, U.S.A.)