

# *Universidad de Guadalajara*

---

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIA  
DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS



**ESTIMACION DE PARAMETROS GENETICOS Y  
COEFICIENTES DE SENDERO EN SORGO  
(*Sorghum bicolor* L. Moench)**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**INGENIERO AGRONOMO**

PRESENTA

**RUTH OLIVIA GARAY VALENCIA**

ZAPOPAN JALISCO, MAYO DE 1995

ESTIMACION DE PARAMETROS GENETICOS  
Y COEFICIENTES DE SENDERO EN SORGO

*(Sorghum bicolor L. Moench)*



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
CENTRO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS

COM. DE TIT.  
IF095048/95

SOLICITUD Y DICTAMEN

SOLICITUD

M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA.  
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN.  
P R E S E N T E.

Conforme lo indica la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara y su Reglamento, así como lo establece el Reglamento Interno de la Facultad de Agronomía, he reunido los requisitos necesarios para iniciar los trámites de Titulación, por lo cual solicito su autorización para realizar mi TESIS PROFESIONAL, con el tema:

ESTIMACION DE PARAMETROS GENETICOS Y COEFICIENTES DE SENDERO, EN SORGO  
(Sorghum bicolor L. Moench)

ANEXO ORIGINAL Y DOS COPIAS DEL PROYECTO DEL TRABAJO DE TITULACION.

MODALIDAD: Individual (x) Colectiva ( )

NOMBRE DEL SOLICITANTE: RUTH OLIVIA GARAY VALENCIA CODIGO: 086308215

GRADO: \_\_\_\_\_ PASANTE: x GENERACION: 90-95 ORIENTACION O CARRERA: FITOTECNISTA

Fecha de solicitud: 28 DE MARZO DE 1995

Firma del Solicitante

DICTAMEN

APROBADO (X) NO APROBADO ( ) CLAVE: IF095048/95

DIRECTOR: ING. SALVADOR GONZALEZ LUNA

ASESOR: M.C. HUGO MORENO GARCIA

ASESOR: M.C. ELIAS SANDOVAL ISLAS

M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA  
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACION

AUTORIZACION DE IMPRESION  
  
ING. SALVADOR GONZALEZ LUNA  
DIRECTOR

M.C. HUGO MORENO GARCIA  
ASESOR

M.C. ELIAS SANDOVAL ISLAS  
ASESOR

VO. BO. PDTE. DEL COMITE

FECHA: 26 de mayo de 1995

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme creado y permitido elegir el camino correcto de la vida.

A la Universidad de Guadalajara, especialmente a la Facultad de Agronomía, por permitirme ser parte de ella y haberme propiciado los medios necesarios con oportunidad para concluir mis estudios y mi formación profesional.

Al Ing. Salvador González Luna por dirigir este trabajo de tesis con alto grado de profesionalismo y por sus valiosos y constantes consejos en mi formación profesional.

Al M. C. Elías Sandoval Islas por todo su apoyo durante mi carrera; en mi formación profesional y por las facilidades brindadas en la realización, revisión y asesoría general del presente trabajo de tesis.

Al M. C. Hugo Moreno García por su disponibilidad como asesor de esta tesis y por su valiosa colaboración en la revisión de dicho trabajo.

Al M. C. José Sánchez Martínez por su apoyo en mi desarrollo profesional.

Al Ing. Luis J. Arellano Rodríguez por darme la oportunidad de realizar mis primeras experiencias profesionales en el campo de la Agronomía.

A mis compañeros del programa de sorgo: Ing. J. Miguel Padilla García, Ing. Adriana N. Avendaño López, Ing. Adriana Zaragoza, Jorge Arellano Rodríguez, Martha Morales García, Paulina Cruz Alameda, Aquilino Martínez Doroteo, Moisés Díaz Pérez, Juan Ruela Zanabría y a los trabajadores Pancho, Chuy, Cuco y Rigo que de alguna u otra forma contribuyeron en este trabajo.

A mis maestros por haber coincidido en un tiempo fundamental de mi vida.

A mis compañeros Juan Fernández del Valle Bickel, Juan Carlos Milanes Magaña, Hector Montoya Robles y Salvador Ocegueda Estrada por su compañía y por que cada quien logre o haya logrado su meta en esta vida.

A mis familiares y Amigos que siempre me motivaron a superarme para lograr se una gran profesionista y a quienes siempre recordaré con una gran admiración, cariño y respeto donde quiera que esté.

A mi tía Jesús Espinoza por su gran entusiasmo por la vida y por buscar intensamente el bienestar para todos sin esperar nada a cambio.

A todos Muchas Gracias.

## DEDICATORIAS

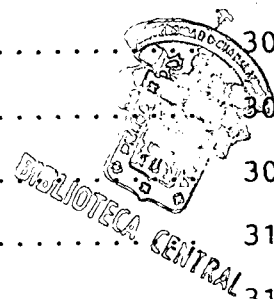
A mis padres Ma. del Carmen Valencia Alvarado y Francisco Garay Martínez por darme la vida y por su gran esfuerzo y empeño en forjar mi porvenir a través de una carrera profesional, por la confianza que siempre han depositado en mi y porque gracias a ello he ido forjando mi propio carácter como resultado de una interacción de ellos. Gracias papás. ¡Los quiero mucho!

A Lorenzo Varela Reyes por ser una gran persona, por su apoyo incondicional, con cariño y respeto ya que es parte importante de mi vida.

A mis hermanos Alma Delia y Cesar con mucho cariño.

## CONTENIDO

	Pag.
INDICE DE CUADROS.....	iii
RESUMEN.....	v
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Parámetros Genéticos.....	4
2.1.1 Aptitud Combinatoria General y Específica.....	7
2.1.2 Heterosis.....	12
2.2 Correlaciones.....	16
2.3 Coeficientes de Sendero.....	20
III. MATERIALES Y METODOS.....	30
3.1 Aspectos Agroclimáticos.....	30
3.1.1 Localización.....	30
3.1.2 Clima.....	30
3.1.2.1 Temperatura.....	31
3.1.2.2 Precipitación.....	31
3.1.3 Suelo.....	31



	ii
3.2 Materiales.....	32
3.3 Métodos.....	33
3.3.1 Diseño Experimental.....	33
3.3.2 Método Estadístico.....	33
3.3.2.1 Análisis de Varianza.....	33
3.3.2.2 Separación de Medias.....	34
3.3.2.3 Parámetros Genéticos.....	34
3.3.2.4 Heterosis.....	35
3.3.2.5 Coeficientes de Sendero.....	35
3.3.3 Variables Estudiadas.....	36
3.3.4 Desarrollo del Experimento.....	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	40
V. CONCLUSIONES.....	59
VI. LITERATURA CITADA.....	60
APENDICE.....	69



## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag.
1	Híbridos Formados.....	32
2	Análisis de varianza para rendimiento de 22 genotipos evaluados en Los Belenes, Zapopan, Jal. Ciclo P.V. 1993.....	41
3	Análisis de varianza de Línea X Probador.....	43
4	ACG y ACE de los materiales evaluados.....	45
5	Grado de heterosis: TON/HA.....	47
6	Media de doce caracteres agronómicos, de 22 genotipos de sorgo.....	49
7	Cuadrados medios para doce características en sorgo, en la localidad de Los Belenes, Zapopan, Jal. Ciclo P.V. 1993.....	50
8	Correlaciones fenotípicas para doce caracteres en sorgo.....	51

9	Análisis de Senderos para los valores fenotípicos de doce caracteres en sorgo (efectos directos en diagonal).....	55
A1	Características de las líneas restauradoras de la fertilidad.....	70
A2	Características de las líneas androestériles...	70
A3	Prueba de medias tukey 0.05 de probabilidad....	71

## RESUMEN

El cultivo de sorgo fue introducido en México, con el propósito de favorecer el desarrollo en las regiones que el cultivo de maíz no prosperaba. Sin embargo, hasta la fecha lo anterior no ha sido posible debido a que, los híbridos que hasta ahora se han desarrollado han sido formados para áreas con alto potencial agrícola, desplazando cultivos importantes.

Considerando lo anterior se realizó el presente trabajo con el propósito de generar información que permita aprovechar el material genético con que se cuenta, a través de conocer el grado de influencia que tienen un conjunto de variables agronómicas sobre el rendimiento, mediante la aplicación del método de Coeficientes de Sendero, y evaluando los materiales en base a su aptitud combinatoria (general y específica) para poder seleccionar las mejores líneas y combinaciones de ellas para lograr explotar al máximo el efecto heterótico que se presenta en esta especie.

La presente investigación se desarrolló en el campo experimental Los Belenes, de la División de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de Guadalajara, ubicado en el municipio de Zapopan, Jalisco.

El material genético utilizado en este trabajo, estuvo constituido por 12 híbridos experimentales y sus progenitores, es decir, 2 líneas restauradoras y 6 líneas androestériles, así como dos híbridos comerciales utilizados

como testigos Ks-955 (NK) y 8240 (Pioneer). Se evaluaron utilizando el diseño bloques al azar, con tres repeticiones y parcelas constituidas por dos surcos de tres metros de largo y 80 cm de distancia entre sí. La parcela útil fue de diez plantas al azar.

Para cada una de las variables, se realizó un análisis de varianza individual.

Para la estimación de parámetros genéticos, se utilizó el método análisis "línea por probador".

Para la estimación del grado de heterosis se utilizaron las medias de ambos progenitores sumados y divididos entre el número de éstos.

En base a los resultados obtenidos se concluyó lo siguiente: 1) Las líneas UdG-302 y Atx-626 presentaron los valores más altos de ACG y la cruza Atx-629 X UdG-302 presentó una alta ACE; 2) El híbrido ICSA-34 X UdG-573 presentó el rendimiento más alto, y el mayor efecto heterótico; y 3) En el análisis de sendero se identificó a la variable número de granos por panoja como la de mayor contribución para la expresión de rendimiento de grano.

## I. INTRODUCCION

El cultivo de sorgo fue introducido en México, con el propósito de favorecer el desarrollo en regiones en las que el cultivo de maíz no prosperaba, por tratarse de áreas con condiciones de precipitación muy baja (450-600 mm), así como con suelos erosionados con niveles de fertilidad muy pobres, buscando sobre todo explotar las características fisiológicas y las ventajas que en estos aspectos brinda el sorgo, por tratarse de una especie que otorga mayor seguridad de cosecha bajo condiciones adversas.

Sin embargo, hasta la fecha lo anterior no ha sido posible debido a que los híbridos que hasta ahora se han desarrollado no han sido formados para que respondan a condiciones adversas, sino más bien para áreas con alto potencial agrícola cuyas condiciones son muy favorables, por lo que ha venido desplazando cultivos importantes en éstas áreas.

Considerando lo anterior se realizó el presente trabajo con el propósito de generar información que permita aprovechar el material genético de sorgo, con que cuenta la

División de Ciencias Agronómicas del C.U.C.B.A., realizando estudios que permitan determinar de que manera se encuentran relacionadas cada una de las características con el rendimiento, a través de la aplicación del método de Coeficientes de Sendero.

Así mismo, la estimación de los principales parámetros genéticos resulta de fundamental interés si se considera que el conocimiento de estos, posibilita el éxito de un programa de fitomejoramiento, sobre todo si se cuenta con una amplia variabilidad genética, lo cual permitirá aplicar las metodologías de selección más apropiadas para explotar al máximo dichos materiales.

En este trabajo se plantea también, evaluar los materiales en base a su aptitud combinatoria (general y específica) para poder seleccionar las mejores líneas y combinaciones de ellas para explotar al máximo el efecto heterótico que se presenta en esta especie.

## **1.1 Objetivos**

- Conocer la capacidad de combinación de los genotipos utilizados e identificar las mejores líneas.

- Conocer el comportamiento heterótico de los materiales e identificar los mejores híbridos en base a éste.

- Identificar las características cuantitativas que contribuyen directa e indirectamente al rendimiento de grano.

## **1.2 Hipótesis**

- Las líneas utilizadas y sus cruzas difieren en su habilidad combinatoria general y específica.

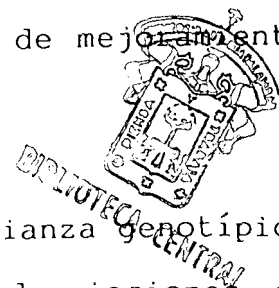
- Por lo menos una de las características en estudio, tendrá una contribución directa con el rendimiento de grano.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Parámetros Genéticos

Uno de los problemas de los investigadores es el de identificar genotipos superiores en base a una evaluación subjetiva, pero este tipo de evaluación no siempre conduce al éxito deseado, debido al enmascaramiento de la herencia para variaciones no heredables. La meta del mejorador de plantas es la de desarrollar materiales mejorados superiores en alguna forma a los que se encuentran en uso comercial. Es por esto, que Kuruvadi y Morales en 1985, citados por González et al en 1992, mencionaron que la utilidad de calcular los parámetros genéticos radica en particionar las varianzas atribuidas a diversas causas, y que los estudios de parámetros genéticos son muy útiles para interpretar los resultados y planear un programa eficiente de mejoramiento genético de los cultivos.

Las derivaciones matemáticas de la varianza genotípica y su división en fracciones aditivas y desviaciones de dominancia fueron dadas por primera vez por Fisher (1918). A esta contribución siguió otra que dio como resultado la





designación detallada y la división de la varianza genotípica en varianza aditiva, varianza de dominancia y varianza epistática (Wright, 1921).

Comstock y Robinson (1948), mencionaron que la expresión de un carácter puede ser considerada como la suma de efectos genéticos y una desviación atribuida al medio ambiente, así como una interacción genético-ambiental, simbólicamente:

$$P = G + E + IGE$$

P es el fenotipo, G el efecto genético, E la desviación. Si los genotipos son distribuidos aleatoriamente en relación a variaciones en el medio ambiente, la varianza fenotípica es:

$$\text{Varianza fenotípica} = \text{Varianza genética} + \text{Varianza ambiental}$$

En donde la varianza genética es resultado de la interacción y segregación de los genes y la varianza ambiental es toda aquella cuyo origen no es genético, es decir, es el resultado de la variación del medio ambiente.

Gardner (1963), mencionó que los parámetros genéticos que son de utilidad en el mejoramiento de las plantas son: 1) Varianza aditiva; 2) Varianza de dominancia; 3) Varianza

epistática; 4) Grado promedio de dominancia o razón de la varianza de dominancia sobre la varianza genética aditiva; 5) Interacciones genotipo-medio ambiente, y 6) Correlaciones genotípicas entre caracteres cuantitativos.

Los propósitos perseguidos al estimar los parámetros genéticos son dos Según Robinson y Cockerham (1965):

- 1) Obtener información sobre la naturaleza de la acción de los genes involucrados en la herencia del o de los caracteres bajo investigación.
- 2) Obtener bases para la evaluación de planes de mejoramiento de la población u obtener la información necesaria para el desarrollo de nuevos enfoques del mejoramiento genético de plantas y animales.

Patel et al (1989), estimaron los parámetros genéticos para seis componentes de rendimiento en maíz, y obtuvieron los siguientes resultados: los efectos del genotipo fueron más importantes que todos los efectos ambientales, para todos los caracteres. El peso de planta y longitud de panoja están controlados a lo menos por tres grupos de genes dominantes, mientras que el rendimiento de grano y número de granos por planta, estuvieron controlados por dos grupos, y peso de 1000 semillas, así como días a floración por un grupo.

### 2.1.1 Aptitud Combinatoria General y Específica

Kiesselbach (1922) citado por Jugenheimer (1981), dio a conocer una relación entre el rendimiento de las líneas progenitoras y el de su descendencia híbrida, por su parte, Richey y Mayer (1925), encontraron que algunas líneas puras eran bastantes superiores a otras en la producción de combinaciones híbridas de alto rendimiento.

Sprague y Tatum (1942), emplearon por primera vez los términos aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE). Definen a la ACG como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas y a la ACE como los casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen mejor o peor de lo que podría esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas involucradas, en resumen, la ACE es el rendimiento relativo de cada cruce específica.

Griffing (1956), señaló que el concepto de aptitud combinatoria ha tomado importancia en el mejoramiento de plantas y animales, y especialmente utilizada en unión con procedimientos de evaluación en los cuales se desea estudiar y comparar el comportamiento de líneas puras en combinaciones híbridas.

Nagur y Murthy (1970), encontraron que la ACG se debía principalmente a la acción génica aditiva y a la interacción aditiva por aditiva, mientras que la ACE se debía a la interacción no alélica y a la sobredominancia.

Paz (1970), coincidió con otros investigadores en el sentido de que el mejor probador de ACG para el cultivo de maíz debe ser una línea de amplia variabilidad genética y con una frecuencia alta de genes recesivos o desfavorables para el carácter por seleccionar.

Márquez (1973), representó gráficamente los modelos fenotípicos con y sin interacción genético-ambiental y demostró que una variedad que interacciona con el ambiente debe tener un coeficiente de regresión diferente de la unidad; también señala que desde el punto de vista convencional y lógico, algo que es estable no cambia a través del tiempo y del espacio. Sin embargo la costumbre a establecido que una variedad estable es aquella que responde exactamente a los cambios ambientales y no interacciona con el medio ambiente.

Oyervides (1979), encontró que los más altos efectos de aptitud combinatoria general para el carácter rendimiento, fueron también los que participaron en las mejores cruzas. Existen diferentes métodos para la estimación de la aptitud

combinatoria general. En maíz se ha estimado mediante la prueba de mestizos, el empleo de cruzas dialélicas y el comportamiento de líneas per-se. En el caso del sorgo es común que la aptitud combinatoria general de las líneas se estime mediante cruzas dialélicas en un solo sentido, o sea, por medio de cruzas simples directas.

Heinrich et al (1983), mencionaron que las causas de estabilidad del rendimiento no son muy claras y los mecanismos fisiológicos, morfológicos y fenológicos que imparten estabilidad son diversos. Establecen además que los mecanismos de estabilidad de rendimiento se pueden incluir dentro de cuatro categorías generales que son: heterogeneidad genética, compensación de los componentes de rendimiento, tolerancia al estrés y la capacidad para recuperarse rápidamente del estrés.

Estudios de aptitud combinatoria, tienen suma importancia en cuanto a la identificación de los progenitores potenciales que pueden ser útiles para producción de híbridos o para el desarrollo de poblaciones compuestas o sintéticas. (Avalos, 1983).

### 2.1.1.1 Estudios de ACG y ACE

King et al (1961), usaron el término valor de combinación para explicar el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas de sorgo. Todos los progenitores femeninos utilizados, produjeron híbridos de rendimiento alto al cruzarse con padres de valor de combinación más alto y hubo pocos híbridos de rendimiento alto cuando se cruzaron con padres de valor de combinación bajo.

Whitehead citado por Kambal y Webster (1965), encontró acción génica aditiva (ACG) para los caracteres: fecha de floración, altura de planta, longitud de panoja y apertura de panoja en variedades enanas de sorgo, no siendo así para las variedades de altura intermedia. Los efectos de ACG y ACE no se compararon, pero se consideró que cuando padres buenos daban híbridos malos, o padres malos generaban híbridos buenos, se debía a efectos de ACE; sin embargo, en los casos donde padres buenos daban híbridos buenos y padres malos, híbridos malos, consideró que la ACG debía ser más importante relativamente.

Kambal y Webster (1965), indicaron que la ACG es más importante que la ACE en materiales de sorgo sin selección previa, mientras que la ACE es más importante en líneas

seleccionadas por ACG. Encontraron que para las características rendimiento, peso de semilla, altura de planta y días a floración, casi todos los efectos estimados de ACG era significativamente más importante la ACE y que

los efectos de ACG eran más estables en años sucesivos que los de ACE.

Beil y Atkins (1967), mencionaron que sus estimaciones de ACG y ACE fueron muy importantes para rendimiento en híbridos, contribuyendo el primero tres veces más que el segundo a la varianza genotípica total.

Rao et al (1968), estimaron la ACG y ACE de líneas A de sorgo a través de probadores y dedujeron que los efectos estimados de ACG para producción de grano, días a floración y altura de planta, eran mayores sobre la de ACE. También encontraron que es conveniente seleccionar las líneas A por ACG antes de hacer los retrocruzamientos.

Collins y Pickett (1972), determinaron la ACG y ACE para rendimiento, proteína y lisina en líneas de sorgo, concluyeron que hubo diferencias de ACG entre progenitores masculinos para los tres caracteres, mientras que en los progenitores femeninos solo hubo diferencias para proteína y rendimiento. En relación a ACE no hubo diferencia

significativa para ningún carácter, deduciendo que la variación genética exhibida se debía a la acción génica aditiva.

### 2.1.2 Heterosis

Shull (1908), propuso el término de heterosis para diferenciar a los organismos que tenían un efecto estimulante sobre actividades fisiológicas, mismo que desaparecería rápidamente conforme la endogamia continuara, reduciendo la progenie a tipos homocigóticos.

East (1908), amplió un poco después de la teoría de Sull al concluir series de alelos  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ , etc. a un locus simple y concluyó que la heterosis es el aumento de heterocigotes en las plantas.

Allard (1960), citado por Molina (1994), mencionó que la heterosis es el fenómeno biológico más importante en el mejoramiento genético por hibridación.

Molina (1965), señaló algunos aspectos de la heterosis indicando que como contraparte del fenómeno de la endogamia que consiste en la disminución de la medida genética conforme avanza este proceso, existe el fenómeno de la heterosis o vigor híbrido.



Poehlman (1965), citó que varios investigadores realizaron trabajos con el fin de explicar las causas y la dinámica genética ocurrida para que este fenómeno se presentará; con estas investigaciones se crearon dos teorías: la primera, que decía que el vigor híbrido era el resultado de reunir genes favorables y la segunda explicaba el vigor híbrido sobre la base de que la heterosis es superior a la homocigocis y por lo tanto el individuo más vigoroso es el que tiene mayor número de alelos heterocigoticos.

Aunque la heterosis es un fenómeno que no se ha explicado plenamente, indudablemente sus efectos han sido y están siendo usados ampliamente, y a esto se debe en gran parte la fuerte expansión que ha tenido el cultivo del sorgo después de la aparición de los primeros híbridos comerciales hace menos de 25 años. (Quinby, 1974).

Las características respecto a heterosis hasta aquí señaladas, indican que un aspecto importante es que todas ellas están asociadas con un mejor desarrollo, crecimiento y rendimiento de la planta; que se encuentran dominantes o parcialmente donimantes en los híbridos, lo cual permite un mejor manejo de las líneas para el mejoramiento genético de los Caracteres. (Sinha y Khanna, 1975).

Reyes (1985), definió el fenómeno en virtud del cual; la cruce entre dos razas, dos variedades, dos líneas, producen un híbrido superior en rendimiento, altura, resistencia a plagas, enfermedades, sequía, o cualquier otra característica que expresa mayor vigor que el que manifiesta el promedio de los progenitores o el progenitor más vigoroso, denominado vigor híbrido o heterosis.

La superioridad de los híbridos, denominada heterosis, puede manifestarse en un incremento general de las características de eficiencia biológica, como longevidad y resistencia a enfermedades. Tales mejoras se denominan vigor híbrido y se consideran diferentes de los incrementos que se perciben a menudo en factores exuberantes tales como tamaño, que no mejoran necesariamente la eficacia biológica. (Strickberger, 1985).

En general, y sintetizando los conceptos sobre lo que se debe entender como heterosis hay dos teorías, una propone que existen efectos de heterosis, si el vigor del híbrido supera al vigor promedio de ambos progenitores; la otra asume que solo habrá heterosis, si el vigor o manifestación del híbrido supera a la expresión del mejor de sus progenitores. (Robles, 1986).

### 2.1.2.1 Estudios de Heterosis

Bartel (1949), encontró que la mayoría de los híbridos tuvieron más rendimiento de grano y paja que el mejor progenitor. En su mismo estudio respecto a número de hojas por planta encontró que todos los híbridos de sorgo bajo estudio tuvieron un mayor número de hojas que cualquiera de sus progenitores.

Carrizalez (1982), concluyó que la cruza (Across 7832 x Across 7644) tuvo el mayor porcentaje de heterosis sobre el promedio de progenitores, además de (Across 7832 x Bco. Dent. 2) y (Across 7832 x Across 7725) que sobresalieron en todas las localidades por sus altos rendimientos y buenas características agronómicas.

Orona et al (1994), concluyeron que solamente dos híbridos mostraron heterosis positiva en rendimiento, y en la variable número de panículas por planta; esto demuestra que con la utilización de los arroces híbridos puede incrementarse el rendimiento de grano explotando la heterosis de esta variable.

## 2.2 Correlaciones

Burton y de Vane (1953), mencionaron que al usar varianzas y covarianzas genéticas en el cálculo de la correlación, se elimina en parte los efectos no genéticos.

Al-jiboori et al (1958), mencionaron que los efectos de pleiotropía y ligamiento pueden ser similares en una primera generación segregante de un cruzamiento. Cuando se detecta una correlación negativa entre dos caracteres desfavorables y ésta es debidamente a efectos pleiotrópicos, deberán buscarse otras fuentes genéticas que no presenten ésta anomalía; pero si sólo se trata de una fuente de mejoramiento genético, será suficiente con emplear procedimientos que aumenten la oportunidad de romper los bloques de ligamento.

Mode y Robinson (1959), definieron a la correlación genética como una medida de la comunidad de genes que gobiernan la determinación conjunta de dos caracteres, en donde la pleiotropía y/o ligamento, son los responsables del grado de asociación. Así mismo, estos autores establecieron la metodología para estimar correlaciones genéticas a partir de componentes de varianza y covarianza genéticas deducidas de un diseño experimental.

Goldenberg (1968), mencionó que para una mayor eficiencia en la selección, cuando la condición del carácter deseable es difícil de seleccionar ya sea por dificultades de identificación, medición o baja heredabilidad el empleo de un carácter correlacionado con alta heredabilidad o fácilmente medible puede resultar más conveniente, considerando que la existencia de la correlación genética entre distintos caracteres, constituye un medio para ahorrar tiempo y esfuerzo en el mejoramiento genético de las plantas.

Torres et al (1974), indicaron que al aumentar en el índice el número de caracteres correlacionados con el carácter por mejorar se obtendrá un mayor avance genético. Siendo la correlación una medida de la comunidad de genes que gobiernan la determinación conjunta de dos caracteres, cabe suponer que al aumentar el número de caracteres en el índice se está operando sobre una mayor cantidad de genes que gobiernen en común el carácter objeto de la selección y los caracteres del índice.

Falconer (1980), señaló las causas de la correlación, ya sea en forma positiva o negativa entre caracteres cuantitativos; es la genética y la ambiental. La correlación genética se origina principalmente por pleiotropía (propiedad simple de un gen de afectar dos o más caracteres), el valor de la correlación resulta de la pleiotropía que expresa el

grado en que dos caracteres están influenciados por los mismos genes. La correlación medio ambiental surge cuando dos caracteres, al estar influenciados por iguales diferencias de condiciones medio ambientales, éstas provocan variación en cada una de ellas.

Kuruvadi y Cortinas (1986), mencionaron que un conocimiento de las correlaciones existentes entre características es importante, facilita una mejor interpretación de datos, además puede ser una herramienta útil para planear un eficiente programa de fitomejoramiento y determinar una metodología de selección efectiva, un estudio de correlaciones es una herramienta para detectar las características útiles y no útiles al fitomejorador en el proporcionan una medida de asociación de un carácter con otro genéticamente mientras que las correlaciones fenotípicas indican la relación entre pares de características fenotípicas.

### 2.2.1 Estudios de Correlaciones

Ranga y Ramachandram (1977), encontraron una correlación fenotípica positiva y significativa entre el porcentaje de aceite y el número de semillas por capítulo del cártamo; y no encontraron correlación significativa entre número de semillas por capítulo con días a floración y madurez.

Bratuleau et al (1982), revelaron estrechas correlaciones entre cuatro componentes de rendimiento con el rendimiento por planta, al estudiar la variabilidad fenotípica de algunos componentes del rendimiento de cártamo. La correlación fue más estrecha con peso de semillas por capítulo. Así mismo, Patil (1985), encontró una positiva correlación fenológica y genotípica entre peso de mil semillas y algunas otras características incluyendo rendimiento por planta, pero la correlación entre peso de mil semillas y el porcentaje de aceite fue negativo.

Morales (1989), observó que los componentes de rendimiento del cártamo con mayor influencia sobre éste, fueron peso de 250 semillas, porcentaje de aceite, peso de capítulos formados y en forma negativa el porcentaje de semilla vana. Además, el contenido de aceite se correlacionó con el número de semillas por capítulo, el porcentaje de proteína y en forma negativa con número de ramas terciarias y el número y peso de capítulos no formados.

Aguilera (1990), encontró una asociación positiva y significativa entre el rendimiento de cártamo por hectárea con rendimiento por planta individual, porcentaje de aceite y sólo en el ambiente de temporal con número de capítulos por planta. También se encontraron correlaciones interesantes

entre diferentes pares de características bajo riego y temporal.

Mendoza (1990), indicó que en el mejoramiento de las especies cultivadas es conveniente conocer sus caracteres cualitativos y cuantitativos relacionados con la productividad, además de los caracteres fenotípicos asociados con rendimiento en bruto, otros caracteres correlacionados con un producto o subproducto en particular.

### **2.3 Coeficientes de Sendero**

Los caracteres biológicos y en particular los que tienen interés desde el punto de vista agronómico, se encuentran formando parte de una compleja red de interrelaciones. Entre estas interrelaciones son altamente importantes las que tienen que ver con el rendimiento. Surge así la necesidad de analizar la relación que tienen entre sí los elementos de un conjunto de variables agronómicas y el grado de influencia que tienen sobre el rendimiento.

Wright (1923), mencionó que la correlación de dos variables es debida a un factor en particular ó a varios factores; el producto de los coeficientes de sendero es una cadena de rutas que se unen a través de factores comunes,



contribuyendo así a la correlación total, por lo que el coeficiente de correlación es la suma de todas las contribuciones que en forma independiente contribuyen las cadenas.

Robinson et al (1951), señaló que el método coeficientes de sendero trata de evaluar la magnitud y sentido del efecto directo e indirecto que cada variable tiene sobre el rendimiento; el rendimiento de grano es la resultante de la integración de varios caracteres de herencia poligénica, es factible determinarlo en forma indirecta mediante el uso de aquellos caracteres correlacionados con él. Así mismo, Mosqueda y Molina (1973), mencionaron que cuando el carácter de interés económico que se pretende mejorar presenta dificultades para el mejoramiento genético, resulta conveniente recurrir al uso de caracteres correlacionados para efectuar selección indirecta del carácter de interés, principalmente cuando se trata de caracteres considerados como componentes de rendimiento.

Li (1968), señaló que el método de coeficiente de sendero es esencialmente un recurso para analizar o descomponer un coeficiente de correlación bajo una estructura de relaciones causales entre variables relacionadas linealmente.

Dewey y Lu (1959), consideraron que la técnica de coeficientes de sendero fue publicada por primera vez por Wriqth (1921), y ha sido utilizada más por genetistas y mejoradores de animales que por los mejoradores de plantas; ellos al trabajar con una gramínea (zacate-trigo) demostraron la aplicación del método de coeficientes de sendero al disponer del análisis de varianza para cada variable de interés y un análisis de covarianza para cada par de variables correlacionadas. Los coeficientes de correlación genotípica y fenotípica para todos los pares posibles de variables encontraron las variables de interés en las cuales aplicaron el método de coeficientes de senderos pudiendo detectar que la fertilidad y tamaño de planta fueron los componentes más importantes de rendimiento de semilla, así demostraron que con esta técnica se pueden seleccionar las variables que más relación tienen con el factor rendimiento.

Rico (1965), señaló que la aplicación de coeficientes de sendero nos permite establecer fácilmente la ley de recurrencia que liga los coeficientes de panmixia de generaciones sucesivas bajo cualquier sistema regular de consanguinidad. Sugiere las reglas que permiten su correcto uso, a saber:

- 1) Se halla el valor de los senderos totales que unen a los elementos en cuestión multiplicando el valor de los tramos que los constituyen.



- 2) Un sendero de conexión entre los elementos sólo se debe considerar cuando al seguir empezando en uno de los elementos para terminar con el otro,
  - a) si se empieza yendo a favor de las flechas ya nunca se debe de ir en contra.
  - b) si se empieza en contra de las flechas solamente se puede cambiar para ir a favor y esto solo una vez.
- 3) Se suma el valor de todos los senderos totales de conexión correcta.

Por otro lado, Kempthorne (1969), indicó que los objetivos del método de análisis de sendero son:

- a) Examinar las consecuencias de las fuerzas que actúan linealmente.
- b) Examinar la posibilidad de un modelo de fuerzas causales en la estimación de los coeficientes de sendero cuyas influencias directas pueden no ser medidas, y
- c) Para analizar coeficientes de correlación.

Así mismo señaló que un coeficiente de senderos es simplemente un coeficiente de regresión parcial estandarizado, el cual mide el efecto directo de una variable hacia otra y permite hacer la participación de la correlación

en componentes de efectos directos e indirectos, todo esto bajo solo las siguientes circunstancias:

- 1)  $X_i$  sea una causa más o menos remota de la cadena de relaciones concurrentes a la variable respuesta  $Y$ .
- 2) Las restantes variables incluidas en la ecuación de predicción son también causas de  $Y$ , posiblemente correlacionada con cada una de las otras y con  $X_i$ .
- 3) Todas las variables predictorias o factores básicos relevantes se encuentran incluidos.

Para Calixto (1975) el valor de una correlación entre una variable efecto (dependiente) no es un criterio suficientemente confiable para decidir un programa de selección indirecta sobre un carácter de interés, en efecto, una correlación de alta magnitud y altamente significativa puede ser la resultante de varios efectos indirectos de pequeña magnitud.

Por su parte, Mosqueda (1983), citado por Mendoza (1990), manifestó que el método coeficientes de sendero analiza el fenómeno de causa y efecto, con ello se trata de evaluar la magnitud y sentido del efecto directo e indirecto

que sobre el rendimiento tienen cada una de las variables correlacionadas con él.

Castillo (1988), indicó que el análisis de sendero proporciona información sobre las relaciones existentes entre variables genotípicas que representan componentes de rendimiento y sugiere la utilización de índices de selección, los que pueden ser construidos con las variables identificadas en éste análisis.

El estudio del análisis de coeficiente de sendero determinará la naturaleza y la interrelación entre los diferentes componentes de rendimiento y características de desarrollo. Por otra parte, Mendoza (1990), indicó cuales son las características que están relacionadas directamente o indirectamente al rendimiento y clasificó aquellos que son o no útiles en el programa de selección, para mejorar más rápidamente el carácter en consideración.

### 2.3.1 Estudios sobre Análisis de Sendero

James (1971), empleando los coeficientes de sendero para determinar el orden de importancia que algunas variables ejercen sobre el rendimiento de caña de azúcar, demostró que el número de tallos tuvo el primer lugar, seguido por el

diámetro y longitud del tallo; y el de menor importancia fue la densidad de tallo.

Kumar y Saini (1972), encontraron que el número de tallos por planta, el número de espiguillas por espiga y el número de días a la madurez fisiológica, son componentes importantes del rendimiento de arroz.

Pandey y Torrie (1973), señalaron que los componentes vainas por unidad de área sembrada y semillas por vainas, tuvieron efectos altos en la manifestación del rendimiento en el cultivo de soya sembrados bajo tres densidades, durante tres años.

Chaudhary y Singh (1974), señalaron que el número de vainas por planta y el tamaño de semilla tuvieron un efecto directo al rendimiento de soya. Otros caracteres influyeron al rendimiento pero a través de estos dos componentes. Sin embargo, el tamaño de semilla tuvo un efecto negativo indirecto sobre el rendimiento a través del número de vainas.

Kaleque et al (1977), encontraron que entre los componentes estudiados; el peso de 100 gramos tiene un efecto negativo en el rendimiento por planta en el cultivo de arroz; no así el número de tallos por planta, el número de

ramificaciones primarias por espiga, el número de espiguillas por espiga y el número de granos por espiga.

Thombre y Joshi (1981), encontraron que el número de semillas por capítulo de cártamo tuvo el principal efecto directo positivo sobre el rendimiento.

Cárdenas (1983), determinó los caracteres que influyen en el contenido de hule en la planta de guayule; e identificó que las variables peso fresco y peso seco como las de mayor impacto sobre el producto económico de esta especie.

En el caso particular del girasol reviste un gran interés el analizar el grado de influencia que tienen sobre el rendimiento de semilla otros caracteres de planta, con el fin de decidir cuales de ellos y en qué intensidad sería conveniente manipular genéticamente a fin de incrementar la producción de aceite o de semilla para consumo directo. (Reyes, 1988).

El análisis de sendero para el rendimiento bajo condiciones de riego, mostró influencias directas a través de rendimiento por planta, número de semillas por capítulo y en menor grado peso de 250 semillas, altura de planta y número de capítulos por planta. En cambio en el ambiente de temporal el rendimiento muestra efectos directos a través de días a

floración, rendimiento por planta y con menor influencia número de capítulos por planta y número de semillas por capítulo. Con respecto al contenido de aceite, se determinaron efectos directos a través de peso de 250 semillas, número de semillas por capítulo, rendimiento por planta y altura de planta. Por otro lado, en el ambiente de temporal se observó una influencia directa a través del rendimiento por planta, altura de planta y número de capítulos por planta. (Aguilera, 1990).

Rodríguez et al (1994), concluyeron en base a las correlaciones, que la variable longitud de panícula se asoció positivamente con el rendimiento, lo cual fue diferente en el análisis de sendero donde su efecto directo hacia el rendimiento fue negativo, por otro lado los efectos directos mayores los mostraron las variables peso de mil granos, número de panículas por planta y número de tallos por planta lo que indica que su influencia es definitiva en el rendimiento; por consecuencia se considera que en el cultivo de arroz, este tipo de estudios si es apropiado para realizar una más eficiente selección varietal.

Orona et al (1994), concluyeron que el rendimiento de arroz depende directamente del número de tallos por planta y número de panículas por planta; y en menor escala peso de grano por panícula y número de granos llenos, por lo tanto



los efectos directos son de gran importancia en el mejoramiento genético, situación casi similar encontrada a través de las correlaciones.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Aspectos Agroclimáticos

La presente investigación se desarrolló en el campo experimental Los Belenes, de la División de Ciencias Agronómicas, del C.U.C.B.A. de la Universidad de Guadalajara, ubicado en el municipio de Zapopan, Jalisco.

##### 3.1.1 Localización

El lugar se encuentra ubicado entre las coordenadas latitud Norte al paralelo  $20^{\circ} 43'$  y latitud Oeste al meridiano  $103^{\circ} 23'$ , siendo la altitud de la zona aproximadamente 1590 msnm.

##### 3.1.2 Clima

Según la clasificación de Cöppen, modificada por García (1981), el valle de Zapopan tiene un clima:

A wO (w) (e) g

que significa:

A; Clima tropical subhúmedo.

w0; Es el clima más seco de los subhúmedos, con un cociente de precipitación y temperatura menores a 43.2.

(w); Por lo menos diez veces mayor lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que es el más seco, y porcentaje de lluvias en invierno de 510.2 de la total anual.

(e); Extremoso, oscilación entre 7° y 14 °C.

g; El mes más cálido del solsticio de verano.

#### 3.1.2.1 Temperatura

Se registra una temperatura media anual de 22.9 °C.

#### 3.1.2.2 Precipitación

La precipitación pluvial media anual es de 885.6 mm

#### 3.1.3 Suelo

La textura se clasifica como franco-arenoso, el pH es de 5.4 considerandose ácido. La materia orgánica es menor al 2 % y se clasifica como pobre.

### 3.2 Materiales

El material genético utilizado en este trabajo, estuvo constituido por 22 genotipos de sorgo, entre los cuales se incluyeron 12 híbridos experimentales (cuadro 1) y sus progenitores, es decir, 2 líneas restauradoras (UdG-573 y UdG-302) y 6 líneas androestériles (Atx-626, Atx-627, Atx-629, Atx-399, ICSA-34 y Atx-630). Así como dos híbridos comerciales utilizados como testigos Ks-955 y 8240 (NK y Pioneer).

Cuadro No. 1 Híbridos formados.

Tratamiento	Genealogía
1	Atx-626 X UdG-573
2	Atx-626 X UdG-302
3	Atx-627 X UdG-573
4	Atx-627 X UdG-302
5	Atx-629 X UdG-573
6	Atx-629 X UdG-302
7	Atx-399 X UdG-573
8	Atx-399 X UdG-302
9	ICSA-34 X UdG-573
10	ICSA-34 X UdG-302
11	Atx-630 X UdG-573
12	Atx-630 X UdG-302

### 3.3 METODOS

#### 3.3.1 Diseño Experimental

Los 22 materiales se evaluaron utilizando el diseño bloques al azar, con tres repeticiones y parcelas constituidas por dos surcos de tres metros de largo y 80 cm de distancia entre sí. La parcela útil fue de diez plantas al azar con competencia completa.

#### 3.3.2 Método Estadístico

##### 3.3.2.1 Análisis de Varianza

Para cada una de las variables, se realizó un análisis de varianza individual utilizando el modelo lineal correspondiente al diseño:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = Observación del efecto del  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésima repetición.

$i = 1, 2, \dots, t$  (Tratamiento).

$j = 1, 2, \dots, r$  (Repeticiones).

- $\mu$  = Efecto de la media poblacional.
- $T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.
- $\beta_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima repetición.
- $e_{ij}$  = Efecto del error experimental.

### 3.3.2.2 Separación de Medias

Cuando existió significancia estadística en los análisis de varianza de cada carácter en la fuente de variación tratamientos se procedió a separar las medias utilizando la prueba de la diferencia significativa de Tukey al 0.05 de probabilidad.

### 3.3.2.3 Parámetros Genéticos

Sólo se realizó para la variable rendimiento, se utilizó el método análisis línea por probador que es una extensión del método Top-cross propuesto por Kempthorne en 1957, el cual permite estimar lo siguiente:

- Contribución debido a Cruzas
- Contribución debido a Progenitores
- Interacción Cruzas vs Progenitores
- Contribución debido a los Testigos
- Interacción Testigos Vs Cruzas
- Interacción Testigos Vs progenitores

- Variación debido a Líneas
- Variación debido a Probadores
- Interacción Línea X probador
- Efectos de ACG y ACE

#### 3.3.2.4 Heterosis

La estimación del grado de heterosis mostrado en F1; se realizó para la característica rendimiento con las medias de ambos progenitores, utilizando la fórmula siguiente:

$$HF1 = X F1 - (XP1 + XP2)/2$$

donde:

HF1 = Heterosis

X F1 = Media potencial del híbrido

XP1 Y XP2 = Media de los progenitores

#### 3.3.2.5 Coeficientes de Sendero

Con la información obtenida de la toma de datos se llevó a cabo un análisis de varianza para cada una de las variables, y para cada combinación de caracteres un análisis de covarianza. Con las estimaciones anteriores, se obtuvieron los coeficientes de correlación fenotípica. Estos permitieron la realización del análisis de sendero de acuerdo con las

bases propuestas por Wrigth en 1923 y siguiendo la metodología de Kempthorne (1969). Los cálculos correspondientes se realizaron utilizando el paquete MATLAB.

Se consideró como variable respuesta al rendimiento de grano, y como variables causales a los demás caracteres evaluados (variables).

### 3.3.3 Variables Estudiadas

Las variables estudiadas se dividieron en tres grupos: tomadas en campo, en bodega y bajo condiciones de laboratorio, resultando un total de 14.

La toma de datos se realizó en el momento oportuno. En cada parcela se utilizaron diez plantas con competencia completa de las cuales se obtuvo su promedio.

**Días a floración.** se consideraron los días que transcurrieron desde la emergencia de la plántula hasta que el 50 por ciento de las plantas presentaban la mitad de la panoja en anthesis.

**Días a madurez fisiológica.** Se consideraron los días desde el momento de la emergencia hasta que el 50% de las plantas en cada parcela presentaron la formación de la "capa



negra" en la región placentar del grano, tomados de la parte media de la panoja.

Número de hojas verdes. Cuando la parcela estaba ya en madurez fisiológica se tomaron 10 plantas al azar y se cuantificaron las hojas verdes, para posteriormente obtener un valor promedio.

Altura de planta. Medida que se toma en (cm) desde la superficie del suelo hasta el ápice de la panoja.

Excursión de panoja. Se midió en (cm) y fue la distancia de la unión de la lámina de la hoja bandera con el tallo a la base de la panoja.

Longitud de panoja. Se midió en (cm) y fue la distancia de la base de la panoja hasta el ápice de esta.

Diámetro de panoja. Se midió con un vernier manual colocándolo en la mitad de la panoja.

Número de espiguillas. Se cuantificaron el número de espiguillas de cada una de las 10 panojas cosechadas por tratamiento para obtener posteriormente el promedio.

**Número de nudos de la panoja.** Se cuantificaron los nudos que se encontraban en el raquis de cada una de las 10 panoja cosechadas como parcela útil, para posteriormente obtener un promedio.

**Peso de Grano.** Se desgrano cada una de las panojas cosechadas y se peso el grano en (Kg) ya sin el raquis, de cada una de las parcelas.

**Peso de 1000 granos.** Se pesaron 200 semillas de cada tratamiento para después convertirla a peso de 1000 semillas.

**Número de granos por panoja.** Se cuantificaron los granos de cada panoja para obtener un promedio por cada tratamiento.

**Porcentaje de Humedad.** A cada uno de los materiales se les determino el contenido de humedad medido en porciento.

**Rendimiento de grano.** El peso de grano (Kg) se llevó a toneladas por hectárea, mediante la siguiente formula:

$$R = \frac{P \text{ (Kg)}}{A \text{ (M}^2\text{)}} \times \frac{10,000 \text{ m}^2}{\text{ha}} \times \frac{100 - H \%}{100 - 14\%}$$

En donde:

R = Rendimiento de Grano

P = Peso de campo

A = Area cosechada

H = Porcentaje de humedad

14% = Humedad a la que va a estandarizar

### 3.3.4 Desarrollo del experimento

Ya preparado el suelo, se sembró a una densidad de un gramo por metro lineal, en forma manual. Cuando la planta media aproximadamente 25 cm de altura. se fertilizó y se dio un paso de rastra. Se mantuvo libre de plagas con la aplicación de insecticida y el control de maleza se realizó con herbicida preemergente y posteriormente en forma manual. La toma de datos se realizó en el momento oportuno y la cosecha se realizó en forma manual tomando 10 plantas como parcela útil de cada tratamiento.

---

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Parámetros Genéticos

Los resultados que se presentan corresponden a la variable rendimiento.

El análisis de varianza (cuadro 2) de los 22 genotipos en evaluación, con respecto a rendimiento, muestra que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos, esto se debe a las diferencias en la constitución genética de los materiales que se están evaluando. El coeficiente de variación fue de 17.57%, este valor, considerado alto, puede atribuirse principalmente a los efectos del ambiente sobre los genotipos y a la variabilidad existente entre ellos.

De acuerdo a lo anterior se procedió a realizar la prueba de medias, Tukey al 0.05 de probabilidad, (cuadro A3) observándose cinco grupos, del cual sobresalió el híbrido ICSA-34 x UdG-573 como el mejor material, el cual rindió 8.413 Ton/ha. superando a los testigos; Ks-955 (NK) cuyo promedio fue de 6.772 Ton/ha el cual se encuentran en el

catorceavo lugar del primer grupo y 8240 (Pioneer) con un promedio de 4.162 ton/ha encontrándose en el tercer grupo. Siendo la línea IC3A-34 con 2.919 Ton/ha, la de menor rendimiento.

Cuadro No. 2 Análisis de varianza para rendimiento de 22 genotipos evaluados en Los Belenes, Zapopan, Jal. Ciclo P.V. 1993.

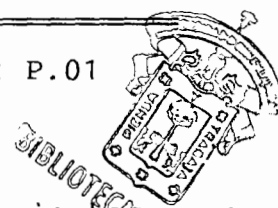
FV	GL	SC	CM	Fc
Bloques	2	0.26	0.132	0.11
Tratamientos	21	190.24	9.068	7.25 **
Error	42	52.53	1.251	
Total	65	243.21		

C.V. = 17.57 %

\* F < P.05

\*\* F < P.01

Al presentarse diferencias entre tratamientos se justifica el análisis "Línea por Probador", cuyos resultados se presentan en el cuadro 3. Se observa que se presentaron diferencias altamente significativas para las fuentes de variación progenitores, testigos, progenitores vs cruza, testigos vs progenitores y testigos vs cruza (contrastes), no presentando diferencias significativas las fuentes de variación cruza, líneas, probadores y la interacción línea por probador. Esto se explica, ya que los progenitores y testigos presentan rendimientos muy diversos (rango = 4.614



ton/ha) y lógicamente las combinaciones de estos producirán efectos diferentes, esto se comprueba con los contrastes progenitores vs cruza y testigos vs cruza y testigos vs progenitores que son altamente significativos, es decir, los progenitores y los testigos contribuyen fuertemente en la variación.

Esto coincide con lo que encontraron González et al (1994), al concluir que existen contribuciones importantes por los progenitores, a diferencia de lo que encontraron en 1992 en donde se presentaron diferencias para cruza.

Cuadro No. 3 Análisis de varianza de Línea x Probador.

FV	GL	SC	CM	Fc
Bloques	2	0.26	0.132	0.11
Tratamiento	21	190.42	9.06	87.25 **
Progenitores	7	67.79	9.684	7.74 **
Progenitores vs cruzas	1	83.92	83.916	67.10 **
Cruzas	11	23.19	2.108	1.69
Testigos	1	10.22	10.218	8.17 **
Testigos vs cruzas	1	157.04	157.039	125.57 **
Progenitores vs testigos	1	112.44	112.439	89.91 **
Líneas	5	11.82	2.365	1.19
Probadores	1	1.40	1.408	0.70
Línea x Prob.	5	9.96	1.993	1.59
Error	42	52.53	1.251	
Total	65	243.21		

\* F &lt; P.05

\*\* F &lt; P.01

En relación a la Aptitud Combinatoria General (cuadro 4), la línea UdG-573 presentó un valor negativo (-0.1973), esto no coincide con resultados de experimentos anteriores, ya que ésta ha sido la mejor línea restauradora que se ha generado y es utilizada en cruzamientos con todas las líneas androestériles que maneja el programa de sorgo. La línea UdG-302 presentó un valor aceptable (0.1973), sin embargo, aún es necesario realizar más cruzamientos con esta línea y tratar de aprovechar sus características, principalmente su alto peso específico. En cuanto a las líneas androestériles, Atx-626 presentó el valor más alto de ACG (0.5984) por lo que es recomendable utilizarla en mayor número de cruzamientos con las líneas restauradoras que se generan cada ciclo.

Al estimar la Aptitud Combinatoria Específica (cuadro 4) se observó que las cruzas Atx-629 X UdG-302 y IC3A-34 X UdG-573 presentaron los valores más altos. El valor más bajo correspondió a la crusa Atx-629 X UdG-573.

Estos resultados coinciden con Kambal y Webster (1965), que encontraron que para la característica rendimiento, era significativamente mas importante la ACE y que los efectos de ACG eran más estables en años que los de ACE. Así mismo, Rao et al (1968), apoyó lo antes dicho, cuando estimaron la ACG y ACE de líneas A de sorgo a través de probadores encontrando



que es conveniente seleccionar las líneas A por ACG antes de hacer los retrocruzamientos.

Cuadro No. 4 ACG y ACE de los materiales evaluados

Aptitud combinatoria general de las líneas

Líneas		Probadores	
Atx-626	0.5984	UdG-573	-0.1973
Atx-627	-0.2923	UdG-302	0.1973
Atx-629	-1.1361		
Atx-399	0.2711		
ICSA-34	0.3367		
Atx-630	0.2222		

Aptitud Combinatoria Específica de las Cruzas

Cruzadas	ACE
Atx-626 x UdG-573	0.2632
Atx-626 x UdG-302	-0.2632
Atx-627 x UdG-573	-0.1272
Atx-627 x UdG-302	0.1272
Atx-629 x UdG-573	-0.9037
Atx-629 x UdG-302	0.9037
Atx-399 x UdG-573	-0.1648
Atx-399 x UdG-302	0.1648
ICSA-34 x UdG-573	0.8515
ICSA-34 x UdG-302	-0.8515
Atx-630 x UdG-573	0.0810
Atx-630 x UdG-302	-0.0810

## 4.2 Heterosis

Al estimar la heterosis mostrada para la característica de rendimiento, en el cuadro 5, se observa que, a excepción de la craza Atx-629 X UdG-573 que presentó un efecto negativo, todos demás los cruzamientos presentaron un efecto positivo, correspondiendo el más alto a la craza ICOSA-34 X UdG-573 con un valor de 3.380, considerando que el rendimiento de la craza fue de 8.413 ton/ha, esto indica que el rendimiento de la craza es superior en un 60 % al promedio de los progenitores.

Los resultados confirman los valores de ACG y ACE, ya que las líneas que presentan los valores más altos de aptitud combinatoria, son las que participan en los cruzamientos que presentaron mayor efecto heterótico.

Esto coincide con Bartel (1949), al encontrar que la mayoría de los híbridos tuvieron más rendimiento de grano y paja que el mejor progenitor. Por otro lado, Carrizalez en 1982 observó que al evaluar materiales de maíz en seis localidades una de las cruzas sobresalió en las seis localidades, presentando el mayor porcentaje de heterosis sobre el promedio de los progenitores.

Así también, Orona et al (1994), demuestra que con la utilización de los arroces híbridos puede incrementarse el rendimiento de grano explotando la heterosis de esta variable.

Cuadro No 5 Grado de heterosis: TON/HA

Líneas	P r o b a d o r e s	
	UdG-573	UdG-302
Atx-626	2.2190	2.5345
Atx-627	0.7810	1.8775
Atx-629	-0.1930	2.4565
Atx-399	2.2005	3.3720
ICSA-34	3.3800	2.5185
Atx-630	0.1880	0.8645

### 4.3 Análisis de senderos

En el cuadro 6 se presentan las medias para los doce caracteres evaluados de cada uno de los 22 genotipos, se observa que el material que presentó el rendimiento más alto fue el híbrido ICSA-34 X UdG-573 con 8.413 ton/ha, destacan también los híbridos Atx-626 X UdG-573, con 8.086 ton/ha,

Atx-626 X UdG-302 con 8.055 ton/ha, Atx 399 X UdG-302 con 7.954 ton/ha y Atx-630 X UdG-302. En cuanto a las líneas progenitoras, destacan Atx-630 y UdG-573 con 7.533 y 7.147 ton/ha respectivamente, las otras líneas presentan rendimientos muy similares.

El cuadro 7 muestra los cuadrados medios para los análisis de varianza de los doce caracteres evaluados. A excepción de número de nudos que no presentó diferencia significativa entre los genotipos, se observan diferencias altamente significativas para todos los caracteres en estudio.

En el cuadro 8 se observan los coeficientes de correlación fenotípica, resultando lo siguiente:

Se encontraron correlaciones positivas y significativas para días a floración y madurez fisiológica, esto mismo se presentó para madurez fisiológica con diámetro de panoja, altura de planta con longitud de panoja, número de espiguillas, peso de mil semillas y rendimiento, Longitud de panoja con número de granos por panoja, número de espiguillas con número de granos por panoja y rendimiento con altura de planta y diámetro de panoja.

Cuadro No. 6 Media de doce caracteres agronómicos, de 22 genotipos de sorgo.

No	TRATAMIENTO	DF	MF	HU	AL	EX	LP	DP	NE	NU	MS	GP	RG
1	Atx-626 X UdG-573	75	132	5	128	9.9	29.0	8.8	56	13	24.5	2638	8.086
2	Atx-626 X UdG-302	72	129	5	155	8.6	28.0	8.9	54	10	28.3	2367	7.954
3	Atx-627 X UdG-573	71	135	6	128	11.9	25.3	9.6	51	11	22.5	2434	6.805
4	Atx-627 X UdG-302	72	130	5	153	9.5	27.3	7.7	55	11	37.7	1556	7.454
5	Atx-629 X UdG-573	77	133	4	128	12.8	26.3	9.6	52	9	21.3	1867	5.185
6	Atx-629 X UdG-302	72	121	5	166	11.9	26.7	7.1	58	12	35.2	1807	7.387
7	Atx-399 X UdG-573	74	123	5	118	12.7	26.0	6.4	45	9	22.9	2561	7.331
8	Atx-399 X UdG-302	71	128	5	149	13.3	24.7	7.9	49	11	34.8	1830	8.055
9	ICSA-34 X UdG-573	73	130	5	121	11.1	28.3	10.0	50	14	27.5	2459	8.413
10	ICSA-34 X UdG-302	71	122	4	133	13.1	26.0	8.0	49	14	30.2	1859	7.104
11	Atx-630 X UdG-573	90	141	4	132	14.7	27.0	10.2	57	10	24.0	2452	7.528
12	Atx-630 X UdG-302	78	134	7	142	3.6	24.0	7.2	52	11	29.7	2062	7.757
13	Atx-626	72	128	4	123	10.7	21.3	4.6	53	9	23.8	2042	4.587
14	Atx-627	72	121	4	118	12.5	22.7	5.4	42	8	27.3	1432	4.901
15	Atx-629	75	121	4	113	8.0	20.7	4.9	43	12	23.2	1217	3.609
16	Atx-399	75	124	3	87	8.9	20.3	5.0	35	7	33.0	730	3.114
17	ICSA-34	72	116	3	91	8.9	25.0	5.9	35	10	18.3	1230	2.919
18	Atx-630	79	126	5	135	8.2	25.3	6.6	57	10	29.2	2045	7.533
19	UdG-573	78	139	5	98	2.7	24.7	8.2	59	12	25.8	2203	7.147
20	UdG-302	77	131	6	120	2.8	25.7	7.3	53	11	27.8	1789	6.252
21	T <sub>1</sub> KS-955 (NK)	72	117	5	135	16.1	24.7	6.0	60	11	31.5	1700	6.772
22	T <sub>2</sub> 8240 (PIONNER)	72	116	5	125	13.4	24.0	6.8	54	11	24.2	1348	4.162

DF = Días a floracion

HU = Número de hojas verdes

EX = Excursión

DP = Diámetro de la panoja

NU = Número de nudos

GP = Número de granos por panoja

MF = Días a madurez fisiologica

AL = Altura de la planta

LP = Longitud de panoja

NE = Número de espiguillas

MS = Peso de mil semillas

RG = Rendimiento de grano

Cuadro No. 7 Cuadrados medios para doce características en sorgo en la localidad de Los Belenes, Zapopan, Jal. ciclo P. U. 1993.

FU	GL	DF	MF	HV	AL	EX	LP
Bloques	2	9.632	122.106	1.152	61.197	1.905	2.182
Tratamientos	21	56.496**	149.988**	2.168**	1138.176**	39.541**	16.307**
Error	42	5.667	32.090	8.612	100.118	6.647	3.166
C.U.		3.13%	4.46%	16.60%	9.87%	25.19%	7.08%

FU	GL	DP	NE	NU	MS	GP	RG
Bloques	2	3.470	83.152*	24.970*	8.462	74428.924	0.132
Tratamientos	21	8.581**	143.917**	8.704	73.233	751088.398**	9.068**
Error	42	1.373	18.326	4.747	15.929	229226.205	1.251
C.U.		15.92%	8.41%	20.25%	14.57%	25.30%	17.57%

FU = Fuente de variación

GL = Grados de libertad

DF = Días a floración

MF = Madurez fisiológica

HV = Número de hojas verdes

AL = Altura de planta

EX = Excursión

LP = Longitud de panoja

DP = Diámetro de panoja

NE = Número de espiguillas

NU = Número de nudos

MS = Peso de mil semillas

GP = Número de granos por panoja

RG = Rendimiento de grano

Cuadro No. 8 Correlaciones fenotípicas para doce caracteres en sorgo.

FV	DF	MF	HU	AL	EX	LP	DP	NE	NU	MS	GP	RG
DF	1.000	0.444	0.017	-0.133	-0.097	0.076	0.209	0.205	-0.118	-0.156	0.157	0.078
MF	0.444	1.000	0.334	0.067	-0.278	0.321	0.460	0.197	-0.096	-0.048	0.350	0.366
HU	0.017	0.334	1.000	0.340	-0.357	0.248	0.287	0.419	0.131	0.165	0.358	0.506
AL	-0.133	0.067	0.340	1.000	0.236	0.431	0.341	0.484	0.164	0.480	0.157	0.520
EX	-0.097	-0.278	-0.357	0.236	1.000	0.031	0.028	-0.011	-0.077	0.053	-0.018	-0.018
LP	0.076	0.321	0.248	0.431	0.031	1.000	0.629	0.375	0.299	0.081	0.446	0.612
DP	0.209	0.460	0.287	0.341	0.028	0.629	1.000	0.349	0.270	-0.041	0.404	0.485
NE	0.205	0.197	0.419	0.484	-0.011	0.375	0.349	1.000	0.323	0.189	0.459	0.545
NU	-0.118	-0.096	0.131	0.164	-0.077	0.299	0.270	0.323	1.000	0.172	0.167	0.319
MS	-0.156	-0.048	0.165	0.480	0.053	0.081	-0.041	0.189	0.172	1.000	-0.290	0.349
GP	0.157	0.350	0.358	0.157	-0.018	0.446	0.404	0.459	0.167	-0.290	1.000	0.720

DF = Días a floración

HU = Número de hojas verdes

EX = Excursión

DP = Diámetro de panoja

NU = Número de nudos

GP = Número de granos por panoja

MF = Madurez fisiológica

AL = Altura de planta

LP = Longitud de panoja

NE = Número de Espiguillas

MS = Peso de mil semillas

RG = Rendimiento de grano

Se encontraron correlaciones positivas y altamente significativas para longitud de panoja con diámetro y rendimiento, y rendimiento de grano con longitud de panoja, número de espiguillas y número de granos por panoja.

Esto coincide con Bratuleau et al (1982) y Patil (1985) encontraron que el rendimiento tenía una correlación positiva entre peso de mil semillas y algunas otras características incluyendo rendimiento por planta.

También, Morales (1989), observó que los componentes de rendimiento del cártamo con mayor influencia sobre éste, fueron peso de 250 semillas, porcentaje de aceite, peso de capítulos formados y en forma negativa el porcentaje de semilla vana. En oposición a Aguilera (1990), que detectó bajo condiciones de riego, una asociación positiva y significativa entre el rendimiento por hectárea con rendimiento por planta individual, porcentaje de aceite y sólo en el ambiente de temporal con número de capítulos por planta.

La única correlación negativa que se presentó fue rendimiento con excersión la cual, estadísticamente, no es significativa.



Con base a lo anterior se puede concluir lo siguiente:

Con una confiabilidad de 95 % se concluye que los días a madurez fisiológica se correlaciona positivamente con días a floración y diámetro de panoja.

Con una confiabilidad del 99 % se concluye que la longitud de panoja del sorgo se correlaciona positivamente con el diámetro y el rendimiento.

Con una confiabilidad del 95 % se concluye que la altura del sorgo se correlaciona positivamente con la longitud de panoja, número de espiguillas, peso de mil semillas y rendimiento.

Con una confiabilidad del 99 % se concluye que el rendimiento está positivamente correlacionado con la longitud de panoja, número de espiguillas y número de granos por panoja.

Con una confiabilidad del 95% se concluye que la longitud de panoja está positivamente correlacionado con número de granos por panoja. El número de espiguillas está positivamente correlacionado con número de granos por panoja. Y el rendimiento de gramo esta correlacionado positivamente con altura de planta y diámetro de panoja.

En el cuadro 9 se presentan los resultados del análisis de senderos, bajo la suposición de que existe influencia de los caracteres sobre el rendimiento (variable respuesta). Los valores de la diagonal corresponden a los efectos directos de las variables de la izquierda y los otros valores corresponden a los efectos indirectos, pero a través de las variables que encabezan las columnas.

Se observa que el carácter días a floración tuvo un efecto positivo (0.0375) sobre rendimiento, a pesar de que su correlación no resulto significativa.

La variable madurez fisiológica presentó un efecto directo positivo de 0.0206 y su correlación con rendimiento no fue significativo a pesar de haber presentado efectos indirectos positivos con diámetro de la panoja.

En relación a la variable número de hojas verdes, se observa que tuvo un efecto directo positivo (0.0853) con el rendimiento, a pesar de que su correlación no resulto significativa y haber presentado efectos indirectos positivos, con todas las variables estudiadas, a excepción de excersión que tuvo un efecto indirecto negativo.

Para altura de planta se presentó el efecto directo positivo (0.0737), y su correlación con rendimiento es

Cuadro No. 9 Analisis de senderos para los valores fenotípicos de doce caracteres en sorgo.  
(Efectos directos en diagonal).

FU	DF	MF	HU	AL	EX	LP	DP	NE	NU	MS	GP	RG
DF	<u>.0375</u>	.0091	.0015	-.0098	.0012	.0116	.0109	-.0150	-.0059	-.0611	.1180	0.078
MF	.0187	<u>.0206</u>	.0285	.0049	.0035	.0488	.0241	-.0144	-.0048	-.0250	.2630	0.386
HU	.0006	.0063	<u>.0853</u>	.0251	.0045	.0377	.0150	-.0306	.0066	.0858	.2690	0.506
AL	-.0050	.0014	.0290	<u>.0737</u>	-.0030	.0656	.0179	-.0354	.0082	.2496	.1180	0.520
EX	-.0036	-.0057	-.0305	.0174	<u>-.0027</u>	.0047	.0015	.0008	-.0039	.0276	-.0135	-0.018
LP	.0029	.0066	.0212	.0318	-.0004	<u>.1522</u>	.0329	-.0274	.0150	.0421	.3352	0.612
DP	.0078	.0095	.0245	.0251	-.0004	.0957	<u>.0524</u>	-.0255	.0135	-.0213	.3036	0.485
NE	.0077	.0041	.0357	.0357	.0001	.0571	.0183	<u>-.0731</u>	.0162	.0983	.3449	0.545
NU	.0044	-.0020	.0112	.0121	.0010	.0455	.0141	-.0236	<u>.0502</u>	.0894	.1255	0.319
MS	-.0059	-.0010	.0141	.0354	-.0007	.0123	-.0021	-.0138	.0086	<u>.5200</u>	-.2179	0.349
GP	.0059	.0072	.0305	.0116	.0002	.0679	.0212	-.0335	.0084	-.1508	<u>.7515</u>	0.720

DF = Días a floración

HU = Número de hojas verdes

EX = Excursión

DP = Diámetro de panoja

NU = Número de nudos

GP = Número de granos por panoja

MF = Madurez fisiológica

AL = Altura de planta

LP = Longitud de panoja

NE = Número de espiguillas

MS = Peso de Mil semillas

RG = Rendimiento de grano

significativa, debido a los efectos indirectos positivos a través de las variables longitud de panoja y peso de mil semillas.

La variable excersión presentó un efecto directo negativo de (-0.0127) sobre el rendimiento, presentando una correlación también negativa, quizás a sus efectos indirectos bajos.

La variable longitud de panoja presenta un efecto directo positivo de 0.1522, su correlación con rendimiento es altamente significativa, esto puede ser debido a un efecto indirecto a través de número de gramos por panoja.

En relación a diámetro por panoja, este presentó un efecto directo positivo de 0.0524, su correlación con rendimiento fue significativa.

Con respecto a el número de espiguillas se encontró un efecto directo negativo (-0.0731) sobre el rendimiento, sin embargo su correlación es positiva y altamente significativa, lo cual puede ser debido a los efectos indirectos positivos a través de número de granos por panoja.

Para la variable número de nudos se encontró un efecto directo positivo (.0502), presentando una correlación con rendimiento no significativa.

En cuanto a peso de mil semilla se encontró un efecto directo positivo de 0.5200 en cual tuvo una correlación con rendimiento positiva pero no significativa, esto puede deberse a efectos indirectos negativos con número de granos por panoja. Este último carácter presentó el coeficiente de correlación más alto, explica también a su efecto directo, también alto (0.7515). El valor residual es de 0.3009, por lo que se considera que existen otras variables que influyen en el rendimiento que no fueron tomadas en cuenta.

Los resultados anteriores concuerdan con Aguilera (1990), que realizó el estudio de análisis de sendero en el cultivo de cártamo encontrando que el rendimiento tiene influencias directas a través número de semillas por capítulo. Así mismo, Rodríguez et al (1994) mencionó que los efectos directos mayores los mostró la variable peso de mil granos lo que indica que su influencia es definitiva en el rendimiento de arroz.

Sin embargo, Orona et al (1994), concluyeron que el rendimiento de arroz depende directamente del número de tallos por planta y número de panículas por planta, el cual

no coincide que el número de granos, ni el peso de estos, influye directamente en el rendimiento.

Con base en los resultados obtenidos se determina lo siguiente:

La variable que presentó el coeficiente de sendero más alto, influencia directa, fue número de granos por panoja, debido al efecto indirecto positivo a través de longitud de panoja.

Por otro lado, la variable que tuvo el efecto directo negativo más bajo, fue excursión, esto puede deberse a que el material utilizado, tenga un mayor número de espiguillas que aumente el número de granos.

Estos resultados pueden ser utilizados por el programa de mejoramiento, tomando estas características como criterio de selección para obtener materiales con mayor potencial de rendimiento.

Es necesario considerar mayor número de variables que puedan influir en el rendimiento.

## V. CONCLUSIONES

- Las líneas UdG-302 y Atx 626 presentaron los valores más altos de ACG.
- La cruza Atx-629 X UdG-302 presento una alta ACE (aptitud combinatoria específica).
- El híbrido ICSA-34 X UdG-573 presentó el rendimiento más alto, y el mayor efecto heterótico.
- Se encontró una correlación positiva y altamente significativa entre rendimiento, longitud de panoja número de espiguillas y número de granos por panoja.
- En el análisis de sendero se identificó a la variable número de granos por panoja como la de mayor contribución para la expresión del rendimiento grano.

## VI. LITERATURA CITADA

- Aguilera R., R. 1990. Indices de selección y coeficientes de sendero en cártamo (Carthamus tinctorius L.) bajo condiciones de riego y temporal. Tesis M. C. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. pags. 120-122.
- Al-Jibouri H. A., P. A. Miller and H. F. Robinson. 1958. Genetic environmental, and covariances in an upland cotton cross of interespecific origen. *Agronomy Journal*. vol. 50: 633-636 U.S.A.
- Avalos P., R. 1983. Estimación de parámetros genéticos en algunas características de sorgo para grano. Tesis M. C. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. pags. 10-30.
- Bartel, A. T. 1949. Hybrid vigores en sorghums. *Agronomy Journal*. vol. 41: 147-152.
- Beil, G. M. and R. E. Atkins. 1967. Estimates of general and specific combining ability in F1 hybrids for grain yield and its components in grain sorghum. *Sorghum vulgare* pers. *Crop. Sci.* vol.7: 225-228.
- Bratuleau C., E. Adrei and L. Grecu. 1982. Phenotypic variability of some yield components in safflower (Carthamus tinctorius L.). *Lucrari Siintifice, Institutul Agronomic Ion Ionescu de la Brad. Agronomie*, vol. 28: 89-90. Rumania.



- Brauer, H. O. 1969. Fitogenética aplicada. Editorial LIMUSA. Willey S. A. México. pags. 364-367.
- Burton, C. W. and E. H. de Vane. 1953. Estimating Heritability in tall fescue (Festuca arundinaceae) from replicated clonal material. Agronomy J. vol. 45: 478-481. U.S.A.
- Calixto, C. N. 1975. Detección de caracteres determinantes del rendimiento del grano de trigo mediante índices de selección, coeficiente de sendero y regresión lineal múltiple. Tesis M. C. Colegio de posgraduados. Chapingo, México. 65 p.
- Carrizalez, R. R. 1982. Estimación de heterosis y rendimientos de maíces INIA-CIMMYT para regiones intermedias (1000-2000 msnm). Tesis licenciatura. Universidad de Guadalajara. pags. 40-45.
- Cárdenas, R. P. 1983. Evaluación de adaptación, variación y correlación de catorce genotipos de guayule. Tesis doctorado. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. México, pag. 83.
- Castillo, G. A. 1988. Estabilidad de rendimiento e interpretaciones genotípicas entre caracteres en girasol (Helianthus annus L.). Tesis M. C. U.A.A.A.N., Saltillo, Coah. pag. 97.
- Chaudary, D. N. and B. B. Singh. 1974. Correlation and path coefficients analysis or yield components in soybean. Ind. J. Agric. Sci. vol. 44, No. 7: 487-490. India.
- Comstock, R. E., and H. F. Robinson. 1948. The componentes of genetic variance in population of biparental progenies

and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics*. vol. 4: 254-266.

Dewey, D. R. and K. H. Lu. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheat grass seed production. *Agron. J.* vol. 51: 515-518. U.S.A.

East, E. M. 1908. Inbreeding in corn. *Conn Agron. Exp. Sta Rpt.* 1907. pags. 419-428.

Falconer, D. S. 1980. *Introducción a la genética cuantitativa*. 13a. impresión. Editorial CECSA, México. pag. 383.

Fisher, R. A. 1918. The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance. *Trans. Roy. Soc. Edinb.* Vol. 8: 399-433.

García, E. 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. 3ra. Edición. México. pag. 131.

Garner, C. O. 1963. Estimates of genetic parameters in cross-fertilizing plants and their implications in plant breeding. In *Statistical Genetics and Plant Breeding*, W. D. Hanson and H. F. Robinson, Eds. NAS-NARC. PUBL. 982 pags. 252-255.

Goldenberg, J. B. 1968. El empleo de las correlaciones en el mejoramiento genético de las plantas. *Fitotecnia Latinoamericana*. Vol 5, No 2: 1-8.

González L. S., E. Sandoval I. J. Sánchez M. y R. O. Garay V. 1992. Estimación de parámetros genéticos y de estabilidad en híbridos experimentales de sorgo.

Resultados y avances de investigación. Coordinación de investigación. Universidad de Guadalajara. Zapopan. pags. 51-58.

\_\_\_\_\_, J. Sánchez M., J. P. Torres M., R. O. Garay V. y L. J. Arellano R. 1994. Resultados y avances en investigación. Centro de estudios de fitomejoramiento y producción de semillas. Universidad de Guadalajara. Zapopan. pags. 35-55.

Griffing, W. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Aust. Jour. Biol. Sciences. Vol. 9: 463-493.

James, N. I. 1971. Yield components in random and selected sugar cane populations. Crop Sci. Vol. 11: 906-908 U.S.A.

Jugenheimer, W. R. 1981. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. traducido por Piña García. Editorial LIMUSA. México. cap. 4.

Kaleque, M. A., O. I. Jorder and A. M. Eunos. 1977. Correlation studies of the application of discriminant function selection in rice breeding. Genet. Agrar. vol. 31: 333-345 U.S.A.

Kambal, A. E. and O. J. Webster. 1965. Estimates of general and specific ability in grain sorghum. Sorghum vulgare pers. Crop. Sci. vol 5: 521-523.

Kempthorne, O. 1969. An introduction to genetic statistics. The Iowa State University Press. Ames, Iowa. U.S.A. 545.

- King, J. G., J. R. Quinby, J. G. Stephens, N. W. kramer, and K. A. Lahr. 1961. An evaluation of parents of grain sorghum hybrids. Texas Agr. Exp. Sta. MP-510 pag. 15.
- Kumar, I. and S. S. Saini. 1972. Path analysis in short statured rice varieties. Ind. J. Genet. Breed. vol. 33, cap. 1: 13-15. India.
- Kuruvadi, S. y Cortinas E. H. M. 1986. Papel de componentes del rendimiento en el mejoramiento genético del frijol común. Comunna No. 123. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. p 9.
- Li, C. C. 1968. Fisher, Wright and path coefficients. Biometrics. vol. 24, cap. 3: 471-483 U.S.A.
- Márquez, S. F. 1973. Relationship Between genotype enviromental interation an estabability parameter. Crop. Sci. Vol. 13: 577-579.
- Mendoza M., S. A. 1990. Estudio de coeficientes de sendero y correlaciones fenotípicas en cártamo (Carthamus tinctorius L.). Tesis Ing. Agrónomo. U.A.A.A.N. Saltillo, Cuah. pag. 7.
- Mode, C. J. and H. F. Robinson. 1959. Pleiotropismo and the genetic variance and covariance. Biometrics. Vol. 15: 518-537. U.S.A.
- Molina, G. J. D. 1965. Mejoramiento genético del maíz para el trópico de México. Notas sin publicar. U.A.A.A.N.
- \_\_\_\_\_ y C. F. Yañez G. 1994. La aptitud combinatoria general de líneas de maíz (*Zea mays* L.) en la explicación de hetrosis. Memorias del II Congreso Latinoamericano de

Genética y XV Congreso de Fitogenética. Monterrey, N. L. pag. 374.

Morales, R. E. 1989. Evaluación de genotipos introducidos de cártamo (Carthamus tinctorius L.) a través de un análisis de crecimiento, características agronómicas y componentes de rendimiento. Tesis licenciatura. U.A.A.A.N., Saltillo, Coah. pag. 101.

Mosqueda, V. R. y J. C. Molina. 1973. Estudio de caracteres correlacionados y componentes de rendimiento empleando coeficientes de sendero en (Carica papaya L.). Agrociencia. vol. 14: 3-14 U.S.A.

Nagur, T. and K. N. Murthy. 1970. Diallel analysis of heterosis and combining ability in some indian sorghums. India Journal Gen. vol. 30: 26-35.

Orona Castro F., F. Borrego Escalante, S. A. Rodríguez Herrera, S. Kuruvadi y L. Hernández Aragón. 1994. Análisis de correlaciones y coeficientes de sendero para rendimiento y sus componentes, en arroz Oryza sativa L. Memorias del II Congreso Latinoamericano de Genética. Monterrey, N.L. pag. 100.

\_\_\_\_\_ 1994. Estimación de heterosis y heterobeltiosis del rendimiento y sus componentes en arroz (Oryza sativa L.) Memorias del II Congreso Latinoamericano de Genética y XV Congreso de Fitogenética. Monterrey, N. L. pag. 101.

Oyervides, G. M. 1979. Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índice de selección en variedades tropicales de maíz adaptada a Nayarit. Tesis. M. C. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. pags. 10-25.

- Pandey, J. P. and J. H. Torrie. 1973. Path coefficients analysis of seed yield components in soybean (Glicine max L.) Crop Sci. Vol. 13: 505-507.
- Patel, R. H., Desai M. S. and Patel K. G. 1988: Estimation of Genetics Parameters in grain sorghum. India Journal of Agric. Sci. vol. 58, cap. 11: 877-879.
- Patil, F. B. 1985. Correlation of some yield components in safflower. Journal of Maharashtra Agricultural Universities. Vol. 10, No. 1: 82-83 India.
- Paz, J. R. 1970. Variedades de bajo rendimiento vs. variedades de alto rendimiento como probadores para medir la aptitud combinatoria general de líneas autofecundadas de maíz. Tesis M. C. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Méx. pags. 25-45.
- Poehlman, J. M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Primera edición. Ed. Limusa. México. pags. 8-19.
- Quinby, J. R. 1974. Sorghum improvenent and the genetics of growth. Texas A. and M. Univ. Press pags. 18-59.
- Ranga, R. V. and M. Ramachandram. 1977. An analysis of association of components of yield and oil in safflower (Carthamus tinctorius L.) Theor. Appl. Genet. vol. 50: 185-191 U.S.A.
- Rao N. G. P., K. S. Rana V. and D. P. Tripathi. 1968. Line x tester analysis of combining ability in sorghum. India Juor. Gen. vol. 28: 231-238.

- Reyes, V. M. H. 1985. Indices de selección para rendimiento en girasol (Helianthus annus L.) Tesis M. C. U.A.A.A.N., Saltillo, Coahuila, México. pag. 54.
- Rico, G. M. 1965. Genética-Estadística. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas. Madrid, España. pags. 20-23.
- Robinson, H. F., R. E. Comstock and P. H. Havey. 1951. Estimates of heretability and degree of dominance in corn. Agron. J. Vol. 41: 353-359 U.S.A.
- \_\_\_\_\_ y C. C. Cockerham, 1965. Estimación y significado de los parámetros genéticos. Traducido por Dr. Mario Gutiérrez G. Fitotecnia latinoamericana Vol. 2, No. 5: 23-37.
- Robles, S. R. 1986. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. Ed. LIMUSA. 1a. edición. México.
- Rodríguez A. J. H., F. Orona C. y J. Medina M. 1994. Correlaciones y coeficientes de sendero para cinco componentes del rendimiento de arroz Oryza sativa L. en Campeche. Memorias del II Congreso Latinoamericano de Genética. Monterrey, N. L., pag. 99.
- Sánchez G., J. J. 1974. Estudio sobre el tipo de acción génica que controla diversos caracteres agronómicos del maíz en líneas  $S_1$  del compuesto II Celaya. Tesis profesional, U. de G. Zapopan, Jal. pags. 3-18.
- Shull, G. H. 1908. The composition of field of maise. Am. Breeders's assoc. Rep. Vol. 4: 296-301.

- Sinha, S. K. and R. Khanna. 1975. Physiological biochemical and genetic basis of heterosis. *Adv. Agron.* vol 27: 123-171.
- Sprague, G. F. and L. A. Tatum. 1942. General versus specific combining ability in single crosses of corn. *Jour. Amer. Soc. Agron.* vol. 34: 923-932.
- Strickgerger M., W. 1985. *Genética*. 3ra. edición, Ediciones Omega S.A. The University of Missouri-St. Louis. Trad. por José Luis Ménsua catedrático de Genética de la Universidad de Valencia, Barcelona. pags. 761-765.
- Thombre, M. V. and B. P. Joshi. 1981. Correlation and path analysis in safflower (Carthamus tinctorius L.) varieties. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*. Volumen 6, cap. 3: 91-193 India.
- Torres G. J., J. Molina y E. Casas. 1974. Correlaciones genéticas e índices de selección en la genotecnia de la papa (Solanum tuberosum L.). *Agrociencia*. Vol. 16: 21-37.
- Wright, S. 1921. Systems of mating. *Genetics* vol 6: 111-178.
- \_\_\_\_\_ 1923. The theory of path coefficients. A reply to Niles's criticism. *Genetics*. 239-255 p.





Cuadro A1 Características de las Líneas Restauradoras de la fertilidad.

Línea	Origen	Característica
UdG-573	UdeG	Alta aptitud combinatoria, alto nivel de adaptación, poca sanidad poca sanidad, y rendimiento.
UdG-302	UdeG	Alto peso específico de grano, gran sanidad, alta aptitud combinatoria.

Cuadro A2 Características de las líneas androestériles.

Línea	Origen	Año	Característica
Atx-626	U. Texas	86	Presenta una alta adaptación, se encuentra en etapa de producción de semilla genética.
Atx-627	U. Texas	86	Presenta alta adaptación y se encuentra en etapa de semilla genética.
Atx-399	U. Texas	86	Presenta buena adaptación para condiciones subtropicales, alta aptitud combinatoria y se encuentra en la etapa de incremento de semilla.
Atx-399	U. Texas	86	Presenta buena adaptación y alta aptitud combinatoria, se encuentra en etapa de producción de semilla básica.
ICSA-34	ICRISAT	86	Línea muy uniforme, se encuentra en etapa de producción de semilla básica y tiene alta adaptabilidad.
Atx-630	U. Texas	86	Línea muy variable, que presenta problemas para lograr mantenimiento, presenta gran potencial.

Cuadro A3 Prueba de medias Tukey 0.05 de probabilidad

Días a floración			Madurez fisiológica		
11	90.33	a	11	140.67	a
18	79.00	b	19	139.33	ab
12	78.33	bc	3	135.00	abc
19	78.00	bcd	12	134.33	abc
5	77.00	bcd	5	132.67	abcd
20	76.67	bcd	1	132.00	abcd
1	75.33	bcd	20	130.67	abcd
16	75.33	bcd	4	129.67	abcd
15	74.67	bcd	9	129.67	abcd
7	73.67	bcd	2	128.67	abcd
9	73.33	bcd	13	128.00	abcd
2	72.33	bcd	8	128.00	abcd
14	73.33	bcd	18	125.67	abcd
6	72.00	bcd	16	124.00	abcd
21	72.00	bcd	7	123.00	abcd
13	72.00	bcd	10	122.33	bcd
17	72.00	bcd	14	121.33	bcd
4	72.00	bcd	6	120.67	cd
22	71.67	bcd	15	120.67	cd
10	71.33	cd	21	117.33	cd
3	71.33	cd	22	116.00	d
8	70.67	d	17	115.67	d

Número de hojas verdes			Altura de planta		
12	7.00	a	6	166.00	a
20	6.00	ab	2	154.67	ab
3	5.67	abc	4	152.67	abc
19	5.33	abc	8	148.67	abcd
4	5.33	abc	12	141.67	abcde
18	5.00	abc	21	135.33	abcde
6	5.00	abc	18	134.67	abcde
8	5.00	abc	10	132.67	bcde
21	4.67	abc	11	131.67	bcde
2	4.67	abc	1	128.33	bcdef
22	4.67	abc	3	128.00	bcdef
9	4.67	abc	5	128.00	bcdef
7	4.67	abc	22	124.67	bcdef
1	4.67	abc	13	123.00	bcdefg
5	4.33	bc	9	121.33	cdefg
11	4.33	bc	20	119.67	defg
14	4.33	bc	14	118.00	defgh
10	4.00	bc	7	118.00	defgh
13	4.00	bc	15	113.00	efgh
15	3.67	bc	19	98.00	fgh
16	3.33	c	17	91.33	gh
17	3.33	c	16	87.33	h

Excursión			Longitud de panoja		
21	16.07	a	1	29.00	a
11	14.67	a	9	28.33	ab
22	13.40	a	2	28.00	ab
8	13.27	a	4	27.33	ab
10	13.07	a	11	27.00	abc
5	12.77	a	6	26.67	abc
7	12.73	a	5	26.33	abcd
14	12.47	a	10	26.00	abcde
6	11.93	a	7	26.00	abcde
3	11.87	a	20	25.67	abcde
9	11.13	ab	18	25.33	abcde
13	10.73	abc	3	25.33	abcde
1	9.87	abc	17	25.00	abcde
4	9.47	abc	19	24.67	abcde
16	8.93	abc	8	24.67	abcde
17	8.87	abc	21	24.67	abcde
2	8.60	abc	12	24.00	abcde
18	8.20	abc	22	24.00	abcde
15	8.00	abc	14	22.67	bcde
12	3.60	bc	13	21.33	cde
20	2.80	c	15	20.67	de
19	2.73	c	16	20.33	e

Diámetro			Número de espiguillas		
11	10.20	a	21	59.67	a
9	9.97	ab	19	58.67	ab
5	9.63	abc	6	58.33	ab
3	9.60	abc	18	57.00	ab
2	8.90	abcd	11	57.00	ab
1	8.80	abcd	1	56.00	abc
19	8.17	abcde	4	55.00	abc
10	8.00	abcde	2	54.33	abc
8	7.90	abcde	22	53.67	abc
4	7.67	abcde	20	53.00	abc
20	7.27	abcde	13	52.67	abc
12	7.17	abcde	12	52.00	abc
6	7.07	abcde	5	51.67	abc
22	6.80	abcde	3	51.33	abc
18	6.57	abcde	9	50.00	abc
7	6.43	bcde	10	49.33	abc
21	6.03	cde	8	49.00	abcd
17	5.93	cde	7	45.33	bcde
14	5.40	de	15	43.00	cde
16	4.97	e	14	42.33	cde
15	4.87	e	17	35.33	de
13	4.60	e	16	35.00	e

Número de nudos			Peso de 1000 semillas		
9	14.00	a	4	37.67	a
10	13.67	a	6	35.17	ab
1	12.67	a	8	34.83	ab
6	12.33	a	16	33.00	abc
15	12.33	a	21	31.50	abc
19	11.67	a	10	30.17	abcd
4	11.33	a	12	29.67	abcd
8	11.33	a	18	29.17	abcd
21	11.33	a	2	28.33	abcd
12	11.00	a	20	27.83	abcd
20	11.00	a	9	27.50	abcd
3	11.00	a	14	27.33	abcd
22	11.00	a	19	25.83	abcd
17	10.33	a	1	24.50	bcd
2	10.00	a	22	24.17	bcd
18	9.67	a	11	24.00	bcd
11	9.67	a	13	23.83	bcd
13	9.00	a	15	23.17	bcd
5	9.00	a	17	22.93	bcd
7	8.67	a	3	22.50	bcd
14	8.33	a	5	21.33	cd
16	7.33	a	17	18.33	d

Número de granos por panoja			Rendimiento		
1	2638.33	a	9	8.413	a
7	2561.33	a	1	8.086	ab
9	2459.33	a	8	8.055	ab
11	2452.33	a	2	7.954	ab
3	2433.67	a	12	7.757	ab
2	2367.33	a	18	7.533	abc
19	2202.67	ab	11	7.528	abc
12	2061.67	ab	4	7.454	abc
18	2045.00	ab	6	7.387	abc
13	2042.00	ab	7	7.331	abc
5	1867.00	ab	19	7.147	abcd
10	1858.67	ab	10	7.104	abcd
8	1829.67	ab	3	6.805	abcd
6	1807.00	ab	21	6.772	abcd
20	1788.67	ab	20	6.252	abcde
21	1699.67	ab	5	5.185	abcde
4	1555.67	ab	14	4.901	abcde
14	1432.33	ab	13	4.587	bcd
22	1348.00	ab	22	4.162	cde
17	1230.00	ab	15	3.609	de
15	1216.67	ab	16	3.114	e
16	729.67	b	17	2.919	e