

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS



" EVALUACION DE HIBRIDOS EXPERIMENTALES DE SORGO
(Shorgum bicolor L. Moench), EN EL MUNICIPIO
DE ZAPOPAN, JALISCO "

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A :

PEDRO PABLO VALENZUELA ALVAREZ
GUADALAJARA, JAL., ENERO 1997



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS

COMITE DE TITULACION
 IFI95075/96

SOLICITUD Y DICTAMEN

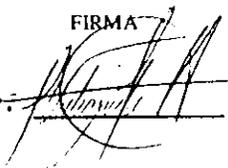
SOLICITUD

M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA
 PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION
 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 División de Ciencias Agronómicas, hemos reunido los requisitos necesarios para iniciar los trámites de Titulación, por lo cual solicitamos su autorización para realizar nuestro TRABAJO DE TITULACION, con el tema:

"EVALUACION DE HIBRIDOS EXPERIMENTALES DE SORGO (Shorghum bicolor L. Moench), EN EL MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO".

ANEXO ORIGINAL Y DOS COPIAS DEL PROYECTO DE INVESTIGACION
 MODALIDAD: INDIVIDUAL

NOMBRE DEL SOLICITANTE	CODIGO	GENERACION	ORIENTACION O CARRERA	FIRMA
PEDRO P. VALENZUELA ALVAREZ	094005299	90-95	ING. AGR. FIT.	

Fecha de solicitud 12 DE JUNIO DE 1996

DICTAMEN DE APROBACION

DIRECTOR: M.C. ELIAS SANDOVAL ISLAS
 ASESOR: M.C. JOSE SANCHEZ MARTINEZ
 ASESOR: M.C. SALVADOR GONZALEZ LUNA

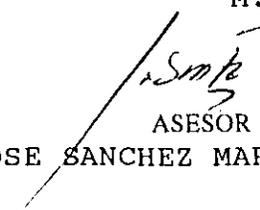

 M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA

PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION

AUTORIZACION DE IMPRESION


 DIRECTOR

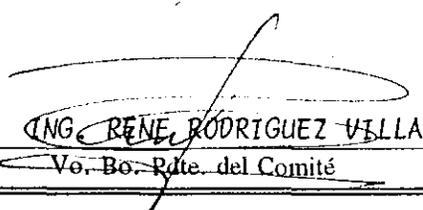
M.C. ELIAS SANDOVAL ISLAS


 ASESOR

M.C. JOSE SANCHEZ MARTINEZ


 ASESOR

M.C. SALVADOR GONZALEZ LUNA


 ING. RENE RODRIGUEZ VILLALOBOS

Vo. Bo. Rte. del Comité

Fecha: 13 de diciembre de 1996

AGRADECIMIENTOS

- A: M.C. Elias Sandoval I.
M.C. Salvador González L.
M.C. José Sánchez M.

Por la sugerencia del tema de la presente investigación, revisión y la aportación de sus conocimientos para la mejor presentación de esta tesis, así como la confianza y amistad depositada.

- A: M.C. Luis J. Arellano, Ing. Pablo Torres, M.C. Adriana Avendaño e Ing. J. Miguel Padilla:

Por la amistad y su amable colaboración en el desarrollo de la tesis.

- Al programa de Mejoramiento genético de sorgo:

Por brindarme los medios para llevar a cabo esta investigación.

- A la Universidad de Guadalajara y la División de Ciencias Agronómicas:

Por brindarme la oportunidad de finalizar mis estudios profesionales.

- A la Escuela Superior de Agricultura Hermanos Escobar "E.S.A.H.E."

Que me dió la oportunidad de iniciar mis estudios profesionales y a todos a los maestros que ayudaron a fortalecer mi voluntad.

- A mis familiares:

Por su apoyo moral

- A la Fam. Bojorquez López:

Por su amistad y hospitalidad brindada.

- A mis amigos:

Ing. Benjamín Adame

Ing. Rubén Pérez

Ing. Cruz Peña

Ing. José Hernández

Ing. Antonio Telles

Ing. Cervando García y Hermanos

C. Hector Cota

C. Ceveriano Valenzuela

C. Anselmo Moroyoqui

C. Heriberto Vázquez

C. Trinidad Vázquez

C. Raúl Vázquez

C. Orlando Vázquez

C. Jesús Jacobi

C. Alfonso Martínez

Por su apoyo y amistad brindada.

DEDICATORIA

A mis padres:

Domingo Valenzuela y Lydia Alvarez, con respeto, cariño y admiración por haberme guiado desde mis primeros pasos hasta mi formación, por enseñarme a luchar sin claudicar, por todos los principios inculcados y por todo aquello que es difícil expresar en unas cuantas líneas... gracias a los dos.

A mis abuelos:

Alberto y Cristina; Manuel + y Rita, por su cariño y decisiva ayuda que siempre y en todos los aspectos me han brindado.

A mis hermanos:

Manuel, Guadalupe y Domingo que comparten conmigo tristezas y alegrías y con el propósito de que luchemos por alcanzar un desarrollo integral.

A mi novia Verónica R.:

Por ser parte de mí. Con todo mi amor y agradecimiento por todas sus palabras de apoyo y comprensión que siempre me ha brindado.

CONTENIDO

Lista de cuadros.....	i
Resumen.....	ii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Origen y distribución.....	3
2.3. Diversidad genética.....	5
2.4. Heterosis.....	8
2.5. Métodos de mejora genética.....	10
2.5.1. Introducción.....	11
2.5.2. Selección.....	14
2.5.3. Hibridación.....	16
2.5.3.1. Método genealógico o de pedigree.....	18
2.5.3.2. Método masivo o bulk.....	19
2.5.3.3. Método de retrocruzamiento.....	20
2.6. Aptitud combinatoria.....	21
2.6.1. Aptitud combinatoria general (ACG).....	21
2.6.2. Aptitud combinatoria específica (ACE).....	22
2.7. Formas de androesterilidad.....	23
2.8. Evaluación de híbridos.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1. Localización del área.....	30
3.2. Características climáticas de la zona.....	30
3.3. Material genético.....	30
3.4. Diseño experimental.....	32
3.5. Desarrollo experimental.....	32
3.6. Variables en estudio.....	33

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
V. CONCLUSIONES.....	49
VI.BIBLIOGRAFÍA.....	50
VII. APÉNDICE.....	54

i. LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Cuadro de análisis de varianza de la variable de rendimiento.....	34
Cuadro 2: Cuadro de comparación de medias para rendimiento.....	36
Cuadro 3: Cuadro de análisis de varianza para días a floración.....	37
Cuadro 4: Cuadro de comparación de medias de días a floración.....	38
Cuadro 5: Cuadro de análisis de varianza de la variable altura de planta.....	39
Cuadro 6: Cuadro de comparación de medias para altura de planta.....	41
Cuadro 7: Cuadro de análisis de varianza de la característica longitud de panoja.....	42
Cuadro 8: Cuadro de comparación de medias para longitud de panoja.....	43
Cuadro 9: Cuadro de análisis de varianza para excerción.....	44
Cuadro 10: Cuadro de comparación de medias para excerción.....	45
Cuadro 11: Cuadro de análisis de varianza de la característica peso de mil semillas...	46
Cuadro 12: Cuadro de comparación de medias para peso de mil semillas.....	47
Cuadro 13: Cuadro de concentración de datos de las características agronómicas.....	55
Cuadro 14: Cuadro de incidencia y severidad de enfermedades de los materiales evaluados.....	56

ii. RESUMEN

A nivel mundial México es un país, que ocupa el tercer lugar en cuanto a la demanda del grano de sorgo la cual es de 6 a 7 millones de toneladas anuales; el primero lo ocupa la India con 11 millones de toneladas, en tanto que el segundo lo ocupa los Estados Unidos de Norteamérica con una demanda de 9 a 10 millones toneladas; sin embargo, tanto Estados Unidos como la India producen ampliamente todo el sorgo que requieren y además logran excedentes, a diferencia de estos países, México no alcanza a producir todo el sorgo que demanda, requiriendo importar aproximadamente el 50% de sus necesidades cada año. A pesar de que ha venido en constante aumento la superficie sembrada con este cultivo, así como la media de rendimiento obtenida por hectárea . Entre las posibles causas de lo anterior están la baja fertilidad de los suelos, escasa precipitación pluvial, susceptibilidad a plagas enfermedades, baja capacidad de producción de los híbridos, baja capacidad de adaptación, susceptibilidad al acame, etc.. Con el propósito de generar tecnología que nos permita ofrecer un respuesta a esta problemática se han iniciado investigaciones tendientes a desarrollar híbridos con características superiores, que puedan ser explotados bajo las condiciones de las principales zonas sorgueras de la región occidental.

Para el presente estudio de tesis se emplearon 20 híbridos experimentales del programa de mejoramiento en sorgo y 3 híbridos comerciales de empresas privadas como testigos, con el fin de evaluar y determinar la capacidad productiva; además, otras características fenotípicas que sirvan para una mejor evaluación.

Las variables estudiadas fueron: Días a floración, altura de planta, excreción, longitud de panoja, rendimiento, peso de mil granos y enfermedades.

El método de diseño utilizado fue el de Bloques al Azar con tres repeticiones, empleando el análisis de varianza para interpretar los resultados; así como la comparación de medias por medio de la prueba de Tukey al 0.05% de probabilidad.

La anterior evaluación se llevó a cabo bajo condiciones de temporal en los campos experimentales de la División de Ciencias Agronómicas del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (C.U.C.B.A.) de la U de G., ubicada en las Agujas, Municipio de Zapopan, Jalisco. Al término de la evaluación de campo, se llevaron a cabo los análisis de varianza correspondientes para cada una de las variables estudiadas, mostrando en su mayoría diferencias altamente significativa para tratamientos y para repeticiones solo la característica de altura de planta. Los Coeficientes de Variación (C.V.) en la mayoría de las características evaluadas fueron menores al 13.27% a excepción de excerción y rendimiento con 29 y 19.06% respectivamente.

Dentro de esta evaluación, el híbrido que más destacó es el originado de la cruza A34 X SG2-56 ya que mostró alto rendimiento (9484 kg/ha.), sanidad y una buena altura (1.5) además de otras características como longitud de panoja (28 cm.), excerción (11 cm.) y peso de mil granos (35 gr.). Cabe destacar que las características de los híbridos A2 X SG2-56 y A4 X SG2-56 con buen rendimiento (arriba de las 9 ton/ha.), tienen el inconveniente de ser demasiado altos (1.74 y 1.73 m.) y susceptibles a la roya.

Con respecto a los testigos de la evaluación el híbrido BRAVO-E es el que más destacó entre ellos ocupando el lugar décimo tercero con un rendimiento de 6123 kg/ha., en tanto que los dos siguientes D-65 y P-8133 ocuparon los lugares 14 y 20 con 5,925 y 5,747 kg/ha. respectivamente.

I. INTRODUCCIÓN

En su región de origen, el sorgo ha sido a través del tiempo, una fuente de alimento para millones de seres humanos. En México, el sorgo ha sido aprovechado como materia prima en la elaboración de alimentos balanceados para animales y en menor escala, como complemento en la producción de harinas nixtamalizables. En años recientes el crecimiento de la población ha originado una demanda cada vez mayor de este grano, coincidiendo con niveles de producción limitada.

El sorgo ha sido tradicionalmente la fuente más importante de ingresos en varias regiones del país. En 1958 cuando se iniciaba la expansión del cultivo de sorgo; la superficie cosechada fue de 119,812 ha., para 1993 ya era de 1,799,537 ha.. En la actualidad la producción agrícola atraviesa por serios problemas de eficiencia, principalmente relacionados con la estructura del aparato productivo. Estos y otros problemas ocasionan costos relativamente altos y en consecuencia, bajas tasas de retorno al capital con relación a otras actividades, inclusive de otros sectores, lo que trae como consecuencia una baja inversión y un atraso del sector agrícola.

Lo anterior indica que México no es autosuficiente, lo que nos convierte en un fuerte comprador en el extranjero, dada la fuerte demanda ejercida por los ganaderos y la industria procesadora de alimentos balanceados.

Por otro lado se tiene que casi el 100% de la producción de semillas de sorgo corresponde a híbridos del cual , solamente el 5% es producida por la PRONASE y el 95% es producida o importada por empresas privadas. La marcada dependencia que tiene nuestro país en cuanto a materiales mejorados producidos en países tecnológicamente más avanzados, significa una fuerte fuga de divisas, viéndose además afectado el rendimiento por hectárea, en ocasiones, debido a que los progenitores e híbridos no fueron creados bajo las condiciones ambientales propias de la región.

OBJETIVO:

Determinar la capacidad productiva y otras características fenotípicas de los híbridos experimentales de sorgo obtenidos por el Programa de mejoramiento en sorgo de la División de Ciencias Agronómicas del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (C.U.C.B.A.) de la Universidad de Guadalajara.

HIPÓTESIS:

El promedio de rendimiento y características agronómicas de los híbridos evaluados, son estadísticamente diferentes entre si.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen y distribución

Poehlman (1992), apunta que los sorgos son nativos de ciertas regiones de Africa y Asia donde se han cultivado desde hace más de 2000 años. Los sorgos se introdujeron por primera vez a los E.U. y se cultivaron a lo largo de la Costa del Atlántico más o menos a mediados del último siglo. Desde esta región, los sorgos se extendieron hacia el Oeste a regiones más secas y antes de 1900 se encontraban bien establecidos en las grandes llanuras del Sureste y en California. Los sorgos para grano se cultivan en regiones que son demasiado calurosas y secas para el maíz.

Metcalf y Elkins (1987), señalan que el sorgo (*Sorghum bicolor* L.Moench) tuvo su origen en Africa, aunque en la India el cultivo de esta planta data más allá de lo que registra la historia. Se cultivo en Asiria desde el año 700 A. C., aunque aparentemente llegó a China hasta el siglo XIII, y mucho más tarde al Hemisferio Occidental.

Maxwell y Jennings (1984), informan que el sorgo es originario del viejo mundo, probablemente del cuadrante noreste de Africa, donde se encuentra la mayor diversidad en cuanto ha sorgos cultivados y silvestres. Así mismo, el sorgo se cultiva en la mayoría de los continentes, dentro de una zona comprendida entre los 40º grados Latitud Norte y al Sur del Ecuador.

Robles (1990), hace mención que el sorgo (*Sorghum bicolor* L.Moench) es originario de Africa en la zona ecuatorial. Su propagación a otras regiones del planeta se atribuye a la mano del hombre. El sorgo ha sido conocido en la India desde épocas prehistóricas y se sabe que se producía en Asiria, ya en el año 700 A.C., Plinio dijo que el sorgo se había llevado a Roma desde la India. Al parecer el sorgo llegó a la China hasta el siglo XIII y al Hemisferio Occidental hasta el siglo XVIII.

El mismo autor señala que la planta se cultiva en muchas regiones de Africa y extensamente también en la India, China, Manchuria y los E.U.; es empleada en siembras comerciales en Asia Menor, Irán, Turkestán, Corea, Japón, Europa, Sur de Australia, México, Centro y Sudamérica, algunas Islas de las Indias Orientales y Occidentales, según datos de 1987.

En cuanto a México el sorgo empezó a adquirir importancia aproximadamente en 1958 en la Zona Norte de Tamaulipas (Río Bravo), al iniciarse el desplazamiento del cultivo del algodón en aquella región. Con el transcurso de los años este cultivo adquirió cada vez más importancia y se ha extendido prácticamente a todos los estados de la República.

House (1982), menciona que el cuándo y cómo se dispersó el sorgo es motivo de conjeturas. Los tipos Durra en la actualidad se extienden en forma continua desde Etiopía y a lo largo del Nilo hacia el Cercano Oriente y a través de la India hacia Tailandia. Los Durra se introdujeron probablemente a Arabia desde el tiempo del imperio Sabeo (1000-800 A. C.) y se dispersaron después hacia el Cercano Oriente a lo largo de la ruta de comercio. La ausencia del sorgo en los sitios de excavación en el Cercano Oriente indica que el cultivo llegó a esta área relativamente tarde. Quizá se introdujo probablemente alrededor de la misma época en que apareció en Italia. Plinio reporta (aproximadamente 60-70 años D. C.) la introducción del cultivo a la Península Itálica desde la India.

El mismo autor informa que en cuanto a América el conocimiento del sorgo es relativamente nuevo. Se introdujo por primera vez a los E.U. de Norteamérica en 1857, y se utilizó extensamente para la producción de jarabe a principio de los años de 1900 (Dogget 1965a). En la actualidad, el sorgo es uno de los cultivos de más importancia en varios estados del país. Por lo que respecta a Centro y Sudamérica, su cultivo adquiere rasgos de importancia a partir de los años cincuenta de este siglo.

2.2. Diversidad genética

La diversidad genética aporta la materia prima de los programas de mejoramiento vegetal. La mayoría de los principales cultivos del mundo, han sido cultivadas en extensas áreas geográficas e innumerables ambientes durante milenios de años y han generado enormes reservas de diversidad genética. Al muestrear y almacenar sistemáticamente esa diversidad en esas colecciones mundiales, esta queda a disposición de los genetistas y puede ser explotada en los programas de mejoramiento vegetal.

Se sabe que la diversidad genética de muchos cultivos se está degradando con rapidez. Gran cantidad de material biológico inapreciable se ha perdido conforme las variedades modernas de alto rendimiento, reemplazan paulatinamente a las poblaciones vernáculas antiguas y las variedades primitivas.

Wall y Ross (1975), reportan que en la colección mundial se han reunido más de 6000 variedades de sorgo cultivado de todas las regiones del mundo. En la India y en el Laboratorio Nacional para Depósito de Semillas de Fort Collins, Colorado, E.U.A., hay semillas de las variedades de esta colección. También en este mismo lugar existe una colección de alrededor de 400 variedades que fueron introducidas hace muchos años o se originaron en los E.U.. Además, la Estación Regional de Introducción y Experimentación de Vegetales de Experiment, Georgia, guarda semillas de cientos de vegetales introducidos.

House (1982), hace notar que la variación biológica es la base de la evolución, y el mejorador utiliza esta variación para dirigir y controlar los procesos evolutivos en el desarrollo de nuevas variedades. El mejorador basa sus observaciones y selecciones en la medición del fenotipo. La variación genética es, sin embargo, del más alto valor, ya que es la porción hereditaria de la variación total, para esto se debe de reducir, controlar o describir adecuadamente la variación ambiental, de tal manera que las selecciones basadas en fenotipos superiores, sean en realidad, genéticamente superiores.

González (1985), señala que la diversidad genética promueve la adaptabilidad ante las fluctuaciones de ambientes, es por esto que al iniciar un programa de mejoramiento debe de coleccionarse una gran cantidad de líneas de diferente origen, ya que los recursos de germoplasma proveen las bases esenciales de los programas de mejoramiento.

Mughogho (1982) citado por Bueno (1990), advierte que la diversidad genética debe de recibir atención inmediata en los programas de mejoramiento, para reducir los riesgos en los materiales genéticamente uniformes.

Poey (1978), hace hincapié en el que la eficiencia del cualquier método de mejora depende, principalmente, de la variabilidad genética existentes en las poblaciones. Cuando esta es limitada, la identificación de los genotipos superiores se hace más difícil, requiriendo una población más numerosa y los métodos de detección más eficientes.

En México la continua formación de compuestos y variedades sintéticas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Colegio de Postgraduados de Chapingo y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), entre otras instituciones, ofrecen renovadas fuentes de variabilidad genética para aumentar rendimiento. Así mismo la variabilidad de rendimiento existente en poblaciones naturales o compuestas, es generalmente aceptada como muy amplia, mientras que la variabilidad en su valor nutritivo es más limitada.

Padilla (1991), señala que ha pesar de los intentos que se hace en los programas de mejora genética de los cultivos que se explotan comercialmente, esta sigue siendo aún muy reducida, lo cual puede ser muy peligroso si se considera la alta capacidad de mutación de los microorganismos que encontrarían un medio fácil de reproducción, dada la escasa variabilidad de la especie.

El mismo autor hace hincapié que la diversidad genética es necesaria para desarrollar híbridos de comportamiento superior, esto conduce al fitomejorador hacia la búsqueda de técnicas continuas para mejorarlas y aprovecharlas.

Wilsie (1966), apunta que la causa básica de la diversidad genética es la mutación. los genes se caracterizan por reproducirse exactamente, pero en ocasiones este proceso no es perfecto. De tiempo en tiempo puede producirse una copia cambiada de un gen (mutante). Muchas, quizá la mayoría, de las mutaciones que se producen son letales para el organismo. Otras de las causas importantes de la variabilidad genética es, desde el punto de vista de la selección natural; poliploidía. Sin embargo no está completamente claro el efecto de la poliploidía sobre la distribución geográfica.

Allard (1980), destaca que la gran diversidad de tipos existentes en las colecciones mundiales de especies autógamas es una clara evidencia de la magnitud e importancia de las variaciones espontáneas a largo plazo. El origen de estas variaciones reside en la mutación, su expansión en las poblaciones y su combinación con otros mutantes se efectúan por medio de la hibridación natural y sus consecuencias Mendelianas. El conocimiento de estos procesos es de suma importancia para el mejorador, ya que las variaciones naturales en las poblaciones de especies autógamas son la base primaria para la mejora.

Sandoval et.al, (1986), hace notar que en el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) la disponibilidad de variación genética para el cultivo, es alto en las regiones del Noreste de Africa y centro de la India; esta variabilidad de germoplasma permite al mejorador seleccionar y recombinar las características deseables en nuevas variedades apropiadas para muchas condiciones de cultivo.

Hayes e Immer (1942) citados por Hugenheimer (1981), enunciaron que "la diversidad genética puede tener mayor o igual valor que la amplitud combinatoria".

2.3. Heterosis

El término heterosis se debe a Shull (1914) citado por Reyes (1985), quien lo usó, como una contracción de la expresión "estímulo de la heterocigosis" y comúnmente se utiliza como "vigor híbrido" por el efecto que se manifiesta en la F1 al presentarse un estímulo general en el híbrido; expresando mayor vigor que el que manifiesta el mayor promedio de los progenitores o el progenitor más vigoroso.

El mismo autor menciona que la explotación comercial del vigor híbrido data desde los tiempos bíblicos; la aplicación en plantas; en grandes áreas, se inicia en la década de 1930 con la formación de "maíz híbrido" en la faja maicera de los E.U., tecnología que se extiende hacia Europa y América Latina, en la actualidad se producen híbridos en sorgo, maíz, caña de azúcar, algodón, frutales, etc.; y es tal vez la aplicación de la heterosis en la producción de alimentos, lo más relevante en la historia de la agricultura y la humanidad.

Jugenheimer (1981), Señala que la heterosis es un fenómeno en el cual el cruzamiento de dos variedades produce un híbrido que es superior en rendimiento, tamaño, crecimiento o vigor en general. La acción genética puede ser aritmética, aditiva o geométrica. El grado de dominancia de la epistasis y de la interacción genético-ambiental se suman a la complejidad de explicar el fenómeno de la heterosis.

Wilson y Richer (1965), mencionan que la heterosis es un caso de la herencia del tamaño o cuantitativa. Esto quiere decir, que se combina un cierto número o "cantidad" de genes para producir una mayor cantidad de genes que el que podrían producir uno o dos genes solos. Un carácter como la capacidad de rendimiento es el resultado de la combinación de muchos genes. Estos genes son de efectos acumulables, esto es, actúan en conjunto, y hay dominancia parcial en cada par, en la F1.

Poehlman (1992), señala que las plantas híbridas de algunas cruzas manifiestan el efecto combinado de vigor híbrido y la acción complementaria de los genes para altura y la maduración. Los incrementos favorables en los rendimientos para granos y forraje debido a la heterosis, indican que se pueden obtener aumentos considerables de sorgos híbridos y al mismo tiempo una altura y maduración favorable para la recolección con combinada.

Keeble, et.al. (1910) citado por Jugenheimer (1981), propusieron que el vigor híbrido resultaba de la acción combinada de factores favorables y parcialmente dominantes; la intención acumulativa de muchos genes favorables dominantes vinculados con el vigor, es una teoría ampliamente aceptada. Esto supone que, en general, los factores dominantes aportado por cada progenitor son deseables y los factores recesivos nocivos.

Allard (1980), Considera que el vigor híbrido o heterosis puede ser considerado como el factor inverso de la degradación que acompaña a la consanguinidad. Sin embargo, el efecto beneficioso de la hibridación es un fenómeno mucho más conocido que la depresión debido a la consanguinidad, por que se observa en casi todos los híbridos F1 entre los genitores no relacionados. Hasta las especies que parecen no degenerar por la autofecundación suelen beneficiarse con la hibridación.

Poehlman (1992), manifiesta que los híbridos de sorgo se ha observado un extremado vigor en muchas ocasiones. Este puede acentuarse por el efecto de genes complementarios para la altura y precocidad. En experimentos realizados las variedades progenitoras tienen genes similares para la altura y precocidad. La superioridad de los híbridos sobre sus progenitores en tamaño, amacollamiento y rendimiento en algunas cruzas parecería deberse a una manifestación normal de heterosis o vigor híbrido, tal como se observa en los híbridos de la F1 de maíz o de otras especies, sin que existan efectos complementarios de los genes para la altura y precocidad.

Márquez (1988), menciona que conforme Shull progresaba en sus estudios e iba delineando sus ideas llegó a establecer la diferenciación de la comparación entre plantas de polinización cruzada y autofecundación, que originalmente manejaba, y la comparación entre líneas puras y sus híbridos: Aquellas homocigóticas; estos heterocigóticos. De aquí que la interpretación de heterosis, sugerida por Shull sea:

"El mayor vigor, tamaño, fructificación, mayor desarrollo, resistencia a plagas y a enfermedades, o a regiones climáticas de cualquier clase, manifestado por los organismos cruzados al compararse con los organismos endogámicos correspondientes, es como resultado específico de la disimilitud en la constitución de los gametos paternos".

Robles (1986), recomienda que para obtener mayores expresiones de heterosis, entre más divergentes sean las expresiones de un carácter en los progenitores; se espera mayor expresión en el carácter del híbrido; por lo tanto, se deben de usar como progenitores a líneas puras con el carácter contrastante para que el híbrido contenga sus genes en estado heterocigótico. En otras palabras, la expresión final de heterosis se debe a la sumatoria de todos los genes que intervienen en todas las variantes de acción de genes inter-alélicos e intra-alélicos.

Este mismo autor menciona que la heterosis es mayor con líneas intervarietales que con líneas intra-varietales, inter-raciales que intra-raciales, inter-específica que intra-específica, precisamente se espera eso por que la diversidad genética es mayor entre grupos o poblaciones que dentro de las mismas.

2.4. Métodos de mejora genética.

Las plantas que se utilizan en el mejoramiento de las especies de polinización cruzada o de plantas como el algodón y el sorgo en los que se producen tanto la autopolinización como la polinización cruzada, no están claramente definidos como los métodos utilizados en el mejoramiento de las especies de autofecundación. Además de esto, los métodos varían según la especie en particular con que el fitogenetista este trabajando.

Los métodos originales para el mejoramiento del sorgo han sido similares a los que han sido utilizados en especies autógamas (introducción, selección e hibridación).

Allard (1980) citado por Sánchez (1986), considera que los métodos de mejora genética más eficaces se agrupan de la siguiente manera:

- 1.-Selección individual.
- 2.-Selección en masa.
- 3.-Hibridación, en la que se pueden seguir tres métodos de trabajo con generaciones segregantes:
 - a).- Método Genealógico o de pedigree
 - b).- Método masivo o bulk
 - c).- Método de retrocruzamiento.

Todos estos métodos se basan en el hecho de autofecundar o al retrocruzar con un genitor homocigótico, se llega a la homocigosis después de algunas generaciones.

Poehlman (1992), señala que una consideración que debe de recordarse en el mejoramiento de las especies de autofecundación es que en el campo se pueden cultivar un gran número de especies diferentes genéticamente una al lado de las otras con reproducción natural. Aun cuando en los cultivos de autofecundación se presentan en diversos grados de autopolinización cruzada, esta, en la mayor parte de las especies es tan pequeña que se considera despreciable desde el punto de vista del mejoramiento genético.

2.4.1. Introducción como método de mejora.

Brauer (1969) citado por González (1985), indica que tomando en cuenta que en muchas partes del mundo se cultivan todavía variedades antiguas y en otras existen plantas silvestres de la misma especie que otras cultivadas, el primer paso que puede dar el genetista y tener éxito es el introducir todas las variedades que pueda de la especie cultivada que desea mejorar o aun de especies silvestres que pudiesen introducirse al cultivo, observar su variación, sus cualidades de adaptación e intentar mejorar por simple selección de acuerdo a las necesidades del agricultor y del consumidor.

Romero (1984), señala que en la actualidad, como primer paso de algunos sistemas de mejoramiento genético, la introducción es útil, ya que es necesaria la variabilidad genética para encontrar fuentes de adaptación a muchas zonas que son problemáticas para el establecimiento del cultivo.

Sandoval et.al. (1994), destaca que los mecanismos utilizados en mejoramientos de sorgos se encuentra la introducción de materiales criollos de Africa y Asia, no obstante, que estos presentan ciclos vegetativos largos y fotosensibilidad, el fitomejorador aplica técnicas que le permiten manejar dichos caracteres indeseables, convirtiéndolos en materiales adaptados a las condiciones de América.

Poehlman (1986), menciona que los primeros inmigrantes a América trajeron con ellos semillas de los cultivos producidos en sus países o las importaron un poco después de su arribo a dicho continente. La mayor parte de los cultivos importantes, incluyendo trigo, avena, cebada, arroz, sorgo, linaza, soja, alfalfa, fleo, bromo y caña de azúcar, se introdujeron inicialmente de esta manera; solamente unos cuantos cultivos son originarios de las américas, como, maíz, patatas, tabaco, algunos tipos de algodón y gramíneas nativas. Mediante ensayos y fracasos poco a poco se fueron conociendo las variedades de mejor adaptación ecológica a cada una de las regiones productoras, mientras que las variedades inadaptadas quedaron fuera de producción.

Carballo (1978), considera que los países latinoamericanos han dependido de materiales introducidos. En México el cultivo del sorgo es de reciente introducción y por lo mismo la variabilidad genética disponible es producto de los programas de mejoramiento y de colecciones mundiales.

House (1982), apunta que se han formado colecciones mundiales de sorgo y mijo. En 1957, K.O. Richie llevó una colección de sorgos de la India a México cuando participaba en el Programa Agrícola Indú de la Fundación Rockefeller Durante 1959-1962 organizó la colección mundial de sorgo y mijos en la India; también colecciones

organizadas por otros mejoradores (Africa y E.U.). La acumulación de las colecciones existentes de *Sorghum bicolor*, *Panicum meliare*, etc., fue posteriormente fortalecida por peticiones hechas a través de la Fundación Nacional de Ciencias de los E.U.A.. Estas colecciones continúan aumentándose, actualmente son mantenidas activamente en los E.U.(Universidad de Purdue y el Departamento de Agricultura) y por ICRISAT. Las colecciones están en almacenamiento a largo plazo en el Depósito de Semillas de Fort Collins, Colorado, así como en ICRISAT.

Poehlman (1992), señala que casi todas las variedades mejoradas de sorgo que se cultivan comercialmente en los E.U., se han formado de unas 20 introducciones de sorgo dulce y 8 ó 9 para grano. Parece ser que la primera introducción de sorgo a los E.U. fue la variedad Chinese amber, que se introdujo en 1853, Leonard Wray, introdujo 16 variedades de sorgo dulce, entre los que se encontraban Orange, Honey, Sourless, Sumak. Estas se cultivaron por primera vez en Carolina del Sur y en Georgia. El Departamento de Agricultura de los E.U. introdujo en 1881 la variedad Collier; de Africa del sur, además la variedad Planter, en 1885 y de Australia, la variedad Mc Lean, en 1891. Entre otras introducciones de sorgo para grano figuran las variedades White, Kafir, Red Kafir, Pink Kafir, Durra, Feterita, Hégari. Estas introducciones resultaron de maduración tardía y altas por lo que resultaba difícil su cosecha. Hubo otras introducciones con caracteres favorables.

De acuerdo a la Oficinas de Estudios Especiales (OEE) 1957 y Lazo (1958) citado por Romero (1984), informan que a partir de los últimos años del siglo pasado (1892) hasta 1949, la introducción fue el único método con el que se contó para el mejoramiento varietal de la especie, en 1944 el método fue aplicado consistentemente por la OEE, sometiéndose a observación la introducción en jardines de introducción junto con nuevas especies en México durante un período de uno o dos años regularmente. Posteriormente se llevaron a cabo pruebas de rendimiento de 2-3 años, para luego recomendar a los agricultores los mejores genotipos; estas variedades no se sujetaban a ningún otro método de mejoramiento. En escasas ocasiones posteriores a este período, la introducción ha sido el único método

de mejoramiento, como el caso de los primeros híbridos provenientes de los E.U. en 1956.

2.4.2. Selección.

Sánchez (1986), hace hincapié que el proceso de selección inició desde que el hombre colectó frutos y semillas para su alimentación, algunas las seleccionó por su mejor sabor, mayor tamaño, color, morfología y otros caracteres que el hombre primitivo consideró de mayor importancia para su aprovechamiento; en consecuencia, inconscientemente se inició el mejoramiento al observar que había variación entre el producto de las plantas que se fueron seleccionando en lo que ahora conocemos como especies alógamas, autógamas y asexuales.

Allard (1980), menciona que tanto en la evolución como en la mejora de las plantas, las poblaciones van transformándose constantemente hacia formas más superiores. En esta transformación continua, la fuerza principal es la selección, por la que algunos individuos con ciertas características son favorecidos en la reproducción.

El mismo autor indica que entre los atributos de la selección hay dos especialmente importantes para entender los principios de la mejora: 1).- La selección sólo puede actuar sobre diferencia heredable; 2) .- La selección no puede crear variabilidad sino que actúa sobre la ya existente. Es por este segundo atributo por lo que la consanguinidad adquiere importancia en la mejora de las plantas.

Sánchez (1986), señala que la selección masal difiere de la individual en el que en lugar de seleccionar una sola planta, se seleccionan varias con similar fenotipo para formar la nueva variedad. Por lo tanto, las variedades que se forman por este método tienen menor número de genotipos que la población original de la que procede, pero más de los que se forman por selección individual.

Este mismo menciona que las variedades de polinización libre hasta antes de 1956 se obtuvieron por selección, pero en realidad este método solo es aplicable a manera de purificar variedades y por lo tanto no se obtiene variedad nueva, sólo un poco más puras.

Poey (1978), señala que la selección de individuos de genotipos superiores depende de los genotipos observados en la población. Esos fenotipos, sin embargo, dependen, en gran medida del parentesco de los individuos de la población y de la heredabilidad del carácter seleccionado.

Harrington (1954), hace hincapié que el fin de la selección es el de mejorar una introducción promisoría por heterogénica, escogiendo para la reproducción las plantas que posean los caracteres más deseables.

Poehlman (1990), señala que el estado actual de las plantas cultivadas es en gran parte el resultado acumulativo de las seleccionadas que continuamente se han practicado durante muchos siglos. Esencialmente, la selección es un proceso natural o artificial, mediante el cual se separan plantas individuales o grupos de las mismas dentro de las poblaciones mezcladas. La eficiencia de la selección depende de la presencia de la variabilidad genética.

Los trabajos de Johansen (1903) citados por Brauer (1983), sobre selección de granos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) nos indica simplemente: Para que la selección, que es el método de mejoramiento de los animales y de las plantas, tenga éxito se requiere contar con variabilidad genética.

Williams (1965), indica que la cantidad precisa de variabilidad manifestada mediante la selección y la duración de respuesta a la misma, depende del nivel de heterocigocidad del material, del número y de la clase de los loci genéticos que rigen el carácter de la intensidad de presión de selección aplicada. La respuesta a la selección aplicada será más rápida y se alcanzarán en unas pocas generaciones los límites de la selección, cuando la

norma de selección sea discontinua y reducido el número de loci que controlan un carácter. El valor y la duración de la respuesta dependen igualmente, en una amplia extensión, de la seguridad con que pueden ser identificados fenotípicamente los genotipos deseados.

House (1982), considera que la selección es probablemente la fuerza más importante de que depende el fitomejorador de plantas para la modificación genética. El objetivo de la selección es producir una población que un valor de la media mayor (o menor), que la media de la población parental. Esta diferencia debería derivarse de las diferencias en genotipo y no de las de medio ambiente.

Para que la selección sea efectiva, deben de reunirse dos condiciones:

- 1.- Debe haber variación fenotípica en el carácter seleccionado.
- 2.- Por lo menos parte de esa variación debe de ser génica.

La selección no sería posible si no reúne la primera condición, ya que no habría diferencias observables entre los padres.

2.4.3. Hibridación

Quinby y Shertz (1970) citado por Maxwell y Jennings (1984), destacan que la selección, la hibridación y selección, y la hibridación para producir F1, son los principales métodos de cruce que se utilizan para el sorgo. Puesto que no existe todos los rasgos deseables en ninguna variedad individual, se emplea el método de hibridación y selección para concentrar de mayor número posible de aquello en una variedad. Luego, esas variedades se utilizan como progenitores de variedades puras o híbridos. Los métodos iniciales de cruzamiento que se emplean para producir líneas progenitoras son similares a los que se usan para el desarrollo de nuevas variedades.

De la Loma (1973), menciona que el objetivo inmediato de la hibridación es la producción de ejemplares que presentan combinaciones o agrupaciones de caracteres favorables y generalmente mayor vigor. También el mismo autor señala que aun cuando por medio de la selección el hombre ha obtenido resultados sobresalientes, este

procedimiento lo limita a escoger lo que hay en una población. En cambio con la hibridación se puede llegar a reunir en un solo tipo los caracteres de otros dos o de otros varios, y obtener individuos más aptos desde distintos tipos de vistas.

Reyes (1985), hace hincapié que la hibridación es la producción de animales o vegetales, apareando individuos de distinta especie o género. Se distingue del cruzamiento en que sus productos son generalmente infecundos.

Brauer (1983), señala que la hibridación desde el punto de vista de la genotecnia es un tanto diferente, pues aquí generalmente se trata de aprovechar los conocimientos anteriores de herencia para el desarrollo de nuevas variedades de plantas que deberán, por tanto, tener caracteres distintos de progenitores desde los tipos más simples que afecta caracteres cualitativos, hasta los más complicados en donde, por medio de la hibridación, se trata de obtener rendimientos más elevados. Así mismo, hace notar que los casos más frecuentes que pueden requerir de hibridación es la transferencia de caracteres de una variedad a otra, tratando de unirlos en una nueva variedad.

Poehlman (1992), menciona que mediante la hibridación se pueden combinar las mejores características de las variedades progenitoras en una línea pura que se reproduzca idéntica así misma. Además de combinar características visibles de los progenitores por hibridación, también es posible seleccionar plantas de la progenie de una cruce que puede ser superior a los progenitores en características de naturaleza cuantitativa, como el rendimiento, peso específico, tolerancia a temperaturas bajas, o la paja más resistente, cuya herencia está determinado por genes múltiples.

Metcalf y Elkins (1987), señalan que el empleo de la hibridación en el mejoramiento se hizo necesario cuando la selección de líneas puras aparentemente ya no resolvía los problemas que tenían los genetistas.

Harrington (1954), indica que se recurre a la hibridación con la mira de refundir en una sola variedad los caracteres deseables de dos o más. Los progenitores pueden ser afines o casi no estar enparentados en absoluto, como los que proceden de diferentes partes del mundo o pertenecen a especies distintas.

Jugenheimer (1981), destaca que la hibridación ha sido uno de los métodos de mejoramiento que más se ha empleado para aumentar la capacidad de rendimiento en maíz y quizá sobre el que más se ha trabajado.

Allard (1980), señala que al fabricar híbridos que posean entre otros, los caracteres requeridos para obtener las combinaciones específicamente deseadas, el mejorador de plantas crea poblaciones en las que muy probablemente la selección será más provechosa. Sin embargo, hay que reconocer que la serie de acontecimientos iniciada con la hibridación puede tener tanto consecuencias desfavorables como favorables y que todos los fenómenos de la genética Mendeliana (segregación, recombinación, ligamiento, interacción no alélica, penetración, expresividad, umbrales, etc.) tiene su importancia en los éxitos y fracasos de la hibridación como método de mejora.

2.4.3.1. Método genealógico o de pedigree

El método genealógico o de pedigree es el método de fitomejoramiento de más aplicación en especies autógamas; cuando se tienen dos variedades (líneas puras), cada variedad en caracteres favorables que no tiene la otra, para transferir los genes y constituir una sola línea mejorada; en cuyo proceso, como es de suponer, se eliminan, los caracteres desfavorables de ambos progenitores. (Robles 1986).

El método de pedigree es probablemente el método más antiguo en el mejoramiento genético de las plantas, en el que se lleva un registro cuidadoso de los progenitores que intervienen en un cruzamiento y cómo y de dónde derivan cada una de las progenes que se conservan durante la selección. Es un método combinado de hibridación y selección.

Como ordinariamente, al hacer un cruzamiento no se obtiene de inmediato la combinación deseada y además, si esta combinación se obtiene en la F1, no podría conservarse en las plantas autógamas en la condición heterocigótica del cruzamiento original, es necesario esperar a que las generaciones siguientes empiecen a segregar en sus caracteres hereditarios y aplicar entonces un sistema de selección. el registro cuidadoso que se lleva a cabo con respecto a los caracteres de las plantas seleccionadas y el éxito que se obtiene de generación en generación, permite al genetista aplicar al máximo su capacidad de selección, evaluar los resultados y modificar el método si así conviene. (Brauer 1981).

Los datos del método genealógico consiste en una serie de notas sobre las relaciones entre familias. En ellos se incluyen también los caracteres distintivos de las familias. Estos datos bien tomados son útiles para decidir las familias que se han de conservar y las que se han de desechar. Sin embargo, la principal debilidad del método estriba en la gran cantidad de tiempo y trabajo que se precisa para la toma de datos. Generalmente, no existe razón para llevar notas detalladas de un gran número de caracteres, no debe de malgastarse el tiempo con las familias destinadas a ser desechadas por su evidente inferioridad. Hay que reconocer que el método genealógico no proporciona una pista que pueda volverse a seguirse para obtener la misma variedad por repetición del mismo cruzamiento, pero, sin embargo, proporciona datos de las relaciones entre las plantas de generaciones sucesivas. Esta información es útil para evitar la selección de individuos estrechamente relacionados de valor casi idénticos. (Allard 1980).

2.4.3.2. Método masivo o bulk

El método de producción masiva se inicia ordinariamente por una hibridación que puede ser simple o múltiple (Suneson 1956; Suneson y Stevens 1953). Frecuentemente, puede ser que la hibridación inicial sea múltiple para tratar de transferir al mismo tiempo caracteres provenientes de distintos progenitores. Partiendo del material híbrido, se le siembra y deja de reproducir libremente por varias generaciones, frecuentemente de 5-7, sin intervenir con ningún tipo de selección, es decir, en las primeras generaciones se

siembran todas las semillas provenientes de la generación anterior y si la cantidad de semilla llega a ser demasiada grande para reproducirla totalmente, en las últimas generaciones puede tomarse parte de esa semilla, pero sin llevar a cabo ningún tipo de selección. La idea teórica que está detrás de este sistema, consiste en que, cuando se hacen cruzamientos de variedades o líneas marcadamente diferentes, la recombinación de los factores hereditarios deseados no puede presentarse en las primeras generaciones. (Brauer 1981).

Este método tiene cierta similitud con el método genealógico o de pedigree, con la variante de que no se selecciona en F₂, F₃, F₄ y F₅, sino que en cada ciclo agrícola se siembran de una muestra y se cosechan en mezcla todas las semillas de las plantas sin seleccionar. El objetivo es de dar oportunidad de segregación y de recombinación de todas las plantas de cada generación autofecundada, puesto que no puede haber individuos fenotípicamente indeseables pero en su descendencia aparecer en generaciones avanzadas, genotipos altamente favorables que se hubieran eliminado en las primeras etapas por el método genealógico. Lógicamente, el método masivo va a necesitar, por lo general, de más ciclos agrícolas de trabajo; sin embargo, existe la oportunidad de seleccionar probablemente los mejores genotipos para liberar variedades que pueden ser superiores a las del método convencional o estándar de genealogía. (Robles 1986).

2.4.3.3. Método de retrocruzamiento

Maxwell y Jennings (1984) señala que a menudo se utiliza la retrocruza cuando se encuentran progenitores deseables, con una alta capacidad de combinación, pero que necesitan mejorar en cuanto a otras características, como la resistencia a los insectos. La retrocruza es eficaz para transferir una o más características a una línea a la vez que se duplican prácticamente algunos atributos de la línea original.

El propósito de la cruce regresiva es recuperar el genotipo del progenitor recurrente, excepto en lo que se refiere a la adición de un gene (o genes) para el caracter sobresaliente que se le está agregando, como contribución del gene no recurrente.

La cruce regresiva es una forma de consanguinidad en el que las características del progenitor recurrente se recuperan después de varias cruces regresivas sucesivas. La única selección que se practica es la relativa a un caracter importante aportado por el progenitor no recurrente. (Poehlman 1992).

El retrocruzamiento es un método particularmente bien adaptado para transmitir de una variedad a otra, eventualmente también entre especies, caracteres que dependen de un número bajo de factores hereditarios y ordinariamente provendrían de un progenitor poco deseable por cuanto a su calidad y productividad, mientras que el otro progenitor, que debe ser el recurrente, sería una variedad comercial que ordinariamente tendría todos los caracteres convenientes, excepto los que se desea transmitir. (Brauer 1983).

2.5. Aptitud combinatoria

2.5.1. Aptitud combinatoria general (ACG)

Jugenheimer (1981) Define a la Aptitud Combinatoria General como el desempeño de una línea pura en algunas combinaciones híbridas. La Aptitud Combinatoria General proporciona información sobre que líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas.

El comportamiento medio de una determinada línea en una serie de combinaciones híbridas se denomina Aptitud Combinatoria General (ACG). (Poehlman 1992).

La Aptitud Combinatoria General se prueba mediante la formación de mestizos en los que en contraste con las pruebas de combinación específica; el progenitor común debe de ser de amplia base genética. (Brauer 1983).

La ACG ha servido para evaluar la acción de genes con efectos aditivos, por medio de la acción de genes homocigotes dominantes o recesivos en las líneas puras; las cuales, teóricamente producirán un solo tipo de gametos, los que se combinarán con una diversidad de gametos producidos por la variedad probadora altamente heterocigótica y de amplia variabilidad genética; dando oportunidad de obtener la combinación de un genotipo de la línea pura, con genes diversos de una gran variación genotípica de la variedad, cuya combinación, dará a la expresión de genes de las líneas que actúen con efectos de aditividad (suma de efectos de muchos genes con acción dominante o con acción recesiva en caracteres cuantitativos). (Robles 1986).

2.5.2. Aptitud combinatoria específica (ACE)

La aptitud combinatoria específica es el desempeño individual de una línea en una combinación híbrida específica. Obviamente, la información sobre la ACE puede no proporcionar información confiable sobre la utilidad relativa de una línea pura cuando se cruza con otros probadores. (Jugenheimer 1981).

La Aptitud Combinatoria Específica se refiere al comportamiento de dos líneas específicas en una determinada cruce. Poehlman (1992). La ACE se juzga por la relación que existe entre el comportamiento de las líneas en una determinada cruce y el comportamiento medio de las líneas de una serie de cruces. Sprague (1942) citado por (Poehlman 1992).

Beard (1940), Sprague y Tatum (1942) citado por Jugenheimer(1981), proporcionaron evidencia experimental sobre la ACG en comparación con la ACE. Estos investigadores dividieron la acción génica relacionada con la Aptitud Combinatoria General y Específica. Supusieron que la ACG es el resultado de la acción génica aditiva, mientras que la ACE dependía de la dominancia, la epistasis y de las interacciones genotipo-ambiente o genético ambientales.

La ACE consiste en evaluar en las líneas puras los efectos de los genes con acción dominante, con acción de epistasis u otras interacciones génicas; expresando en otra forma, la ACE de las líneas incluye todos los efectos genéticos de los que pueda dar cuenta el sistema aditivo. (Robles 1986).

2.6. Formas de androesterilidad

Wall y Ross (1975), destacan que la androesterilidad fue descubierta por primera vez por Stephens y Holland (1954). El cruzamiento de Milo y Kafir producía androesterilidad, pero el recíproco no, por consiguiente, se llegó a la conclusión de que la esterilidad se originaba por una interacción del citoplasma del Milo con los genes del Kafir. La asociación del citoplasma del Milo con los genes inductores de la esterilidad del Kafir produce la androesterilidad, cuyo proceso no se comprende actualmente.

Así mismo mencionan que uno de los mecanismos genéticos de mayor importancia en el sorgo es el control de la esterilidad masculina (androesterilidad), porque su uso permitió la producción comercial de híbridos F1. La androesterilidad está controlada por dos mecanismos hereditarios: El génico y el génico-citoplasmático; aunque potencialmente el primero se puede utilizar en la producción de híbridos comerciales, fue poco empleada, pues se encontró un sistema mejor. El sistema superior de androesterilidad genético-citoplasmático ha sido de particular utilidad tanto para el sorgo como para otras especies vegetales.

De acuerdo a Reyes (1993), señala que la androesterilidad aparece en las plantas esporádicamente, tanto en especies alógamas como en autógamas, como consecuencia de:

- A).- Genes mutantes (generalmente recesivos).
- B).- Factores citoplasmáticos (citoplasma).
- C).- Efectos combinados de ambos (genes- citoplasma).

Lo anterior ocasiona: Aborto del polen, que las anteras no abran, aborto de las anteras, anteras pistiloides (anteras transformadas en pistilos), etc..

En la actualidad, la androesterilidad se ha utilizado para eliminar la emasculación en la producción de semilla híbrida (sorgo, principalmente) en escala comercial y en el mejoramiento de plantas.

Para evitar el trabajo de la emasculación artificial y los errores que con ello puedan cometerse, se ha utilizado la manera de aprovechar la llamada esterilidad citoplasmática masculina. Aunque se le ha llamado citoplasmática, en realidad es que se trata de una interacción hereditaria entre factores del citoplasma y factores cromosómicos. La intervención del citoplasma en este tipo de herencia es sumamente importante, pues permite mantener una línea estéril usando como progenitores femeninos a las plantas que llevan un factor citoplasmático de esterilidad, en combinación con los factores cromosómicos de esterilidad polinizándola con otra que lleva los factores de esterilidad en los cromosomas y cuya sola diferencia está en el citoplasma fértil, de modo que esta segunda línea es fértil, produce polen y por tanto, es autofecundable.

Poehlman (1992), menciona que el procedimiento para la formación de híbridos se ha facilitado considerablemente en la actualidad por la utilización de líneas androestériles. Esto elimina la necesidad del proceso laborioso de la emasculación de los sorgos, la cebolla y la remolacha azúcarera, así como el desespigamiento en maíz.

Reyes (1985), hace notar que la literatura cita ejemplos de esterilidad masculina en tomate, papa, frijol, cebada, ocasionada por genes. El estudio de la herencia ha indicado que la esterilidad es un caracter recesivo en contraste con la fertilidad que es dominante y de herencia simple.

ESTÉRIL	FÉRTIL	
ms ms	X Ms Ms	→ Msms fértil = Esterilidad genética masculina.

En una población de genotipos mezclados msms y Msms; este último será polinizador y la progenie segregará mitad fértil y mitad estéril; la selección de plantas que sean masculinas al tiempo de la antésis servirán para el incremento de la semilla.

La esterilidad citoplásmica es de herencia materna y la F1 es siempre estéril. La utilidad de esta fuente de esterilidad permite prolongar la floración en plantas de ornato y si la F1 se propaga asexualmente se puede utilizar comercialmente.

La esterilidad citoplásmica fue originalmente encontrada en la variedad de cebolla "Italian Red". No obstante, su importancia en esta especie es relativa por que la F1 se puede propagar asexualmente; tiene la ventaja que evita la emasculación. En plantas como sorgo y maíz existe mayor ventaja por que evita la emasculación y permite la producción de semilla a gran escala. López (1995), puntualiza que el tipo particular de esterilidad que nos debe de interesar es aquel en el que se hacen infuncionales los gametos masculinos, como el resultado de genes mutantes, de factores citoplásmicos o por el efecto combinado de ambos.

Se han localizado casos de androesterilidad controlada por un solo gen en diversas especies cultivadas. Generalmente, el gen recesivo es el responsable de la esterilidad. El tipo de esterilidad que se trata se verifica en los cultivos de cebada, maíz, sorgo, remolacha azúcarera y otros. En la cebada, un simple par de genes recesivos (msms) determina la producción de anteras estériles. El gene dominante la producción de anteras fértiles.

De acuerdo a López (1995), la esterilidad citoplásmica depende de factores citoplasmáticos. Se encuentra en plantas con un tipo especial de citoplasma para producir semilla, si están presentes las plantas polinizadoras; las F1 producirán solo plantas androestériles, ya que un citoplasma se deriva completamente del gameto femenino.

Algunas organizaciones utilizan el fenómeno de la esterilidad masculina para producir semilla híbrida. Este tipo de esterilidad reduce la cantidad de desespigamiento necesaria para producir la semilla de la cruza.

La esterilidad citoplásmica es potencialmente un peligro ya que las plantas son muy uniformes y de herencia materna, lo que las hace vulnerables a las epífitas, porque basta que una planta sea susceptible para que se propague en el cultivar. Por lo anterior, es necesario obtener varias fuentes de esterilidad que tengan variación genética para otros caracteres, aunque sea uniforme para esterilidad.

Marcus M. Rhoades, quien obtuvo una línea de *Zea mays* con esterilidad masculina, que produjo exclusivamente brotes iguales afectados de esterilidad masculina, al cruzarse con el polen de una línea normal; el cruzamiento no restauró la fertilidad a pesar de que en dichos cruzamientos todos los cromosomas hayan sustituidos a los de la línea estéril. Así, no solo se demostró una persistente transmisión materna de esterilidad masculina, sino que fue imposible comprobar la presencia de factores cromosómicos que fueran causa de la esterilidad.

Los primeros casos de androesterilidad se encontraron en cebolla y después en maíz, tabaco, girasol, linaza, tomate, sorgo, trigo, arroz y otras especies donde se forman híbridos para aprovechar los efectos de heterosis. En maíz se principio a investigar la esterilidad citoplasmática masculina en 1930 y pronto se aplicó ventajosamente en los híbridos, para la multiplicación de semilla a gran escala. Si la androesterilidad citoplásmica, interaccionando con la génica, ha sido sorprendente en las especies monoicas unisexuales como en maíz, con mayor razón lo es en especies hermafroditas como en el

girasol, del cual, la mayor superficie sembrada a nivel mundial, se lleva a cabo con híbridos. (Robles 1986).

Chávez (1993), hace hincapié en que existen otras formas de androesterilidad como lo son: Androesterilidad ecológica y somatoplásmica. La primera es ocasionada por factores ambientales, tales como la temperatura, humedad relativa, fotoperiodo, etc.. Un ejemplo típico sucede en el sorgo, el cual es sensible a las bajas temperaturas, ocasionando que el polen no sea viable. Actualmente se cuentan con algunas poblaciones tolerantes hasta los 2300 msnm. La segunda consiste en la actividad de los cigotes durante los estados embrionarios, debido a las relaciones embrionario-endospermo, por ejemplo, algunas especies de frijol tienen sustancias germicidas en el endospermo que matan al embrión.

2.7. Evaluación de híbridos

Los datos de Robinson, et.al.(1956) citados por Allard (1980), basados en ensayos estadísticos llevados a cabo en tres localidades durante dos años, dan una visión más exacta del grado de heterosis en los híbridos varietales que las experiencias de anteriores investigadores que generalmente se hicieron sin repeticiones. En este estudio el rendimiento de 12 de cada 15 híbridos excedió al de su genitor más productivo, y la media de todos los híbridos con respecto a la media de los genitores de más rendimiento fue de 111.5%.

Sánchez (1984), en su trabajo de adaptación y rendimiento de 20 variedades híbridas de sorgo, realizado en el Municipio de Zapotiltic, Jalisco; menciona que la altura de la planta puede ser "buena o mala", la buena cuando se requiere de doble propósito, o sea que también se utilice para silo; la característica es mala por que resulta más susceptible al acame la variedad de mayor altura. Una planta muy baja carece de excersión lo que dificulta una trilla limpia y efectiva. Además recomienda que es necesario probar los materiales en las mismas condiciones, cuando menos dos años más.

Estrada (1974), en la evaluación de sorgos híbridos experimentales encontró que para la zona de Zapopan los híbridos que más sobresalieron en características agronómicas y en rendimiento fueron los intermedios y tardíos. Así mismo, recomienda continuar con este tipo de trabajo de ensayo de híbridos con el fin de reafirmar algunos resultados, probar nuevos híbridos, tomando en cuenta un mayor número de localidades.

Valdivia (1974), en su trabajo de evaluación de híbridos experimentales encontró que el grano germinado causado por lluvias excesivas poco antes de la cosecha afectó principalmente al rendimiento encontrándose correlación con algunos caracteres agronómicos. Las variedades más resistentes a la germinación del grano fueron los de grano de color café, los de ciclo vegetativo tardío, los de mayor altura de planta y los de buena uniformidad de plantas.

Miller (1995), destaca que las semillas híbridas más comerciales en la actualidad tienen un tamaño intermedio y el peso de cada mil semillas es de 28-32 gr. . Así mismo, el tamaño de la semilla se ve afectado por las condiciones ambientales más que por la genética que se utiliza en la actualidad.

Una de las más destacadas propiedades de los sorgos híbridos es su gran resistencia a la sequía, pues algunas variedades resisten hasta 80 días sin recibir ningún aporte de agua, precisando solo un 60% del que necesitaría el maíz para obtener rendimientos normales. Con respecto a sus progenitores, los híbridos tienen un rendimiento en grano muy superior (por lo menos un 50%) y en algunos casos pueden llegar a duplicarlo. (Ibar 1984).

Dado a la diversidad de híbridos empleados en el experimento y por las condiciones habidas en el mismo, se encontró diferencias altamente significativa para rendimiento; siendo los híbridos sobresalientes los tardíos e intermedios. En general de buena precipitación pluvial, hay híbridos que superan a los testigos tanto en características agronómicas como en rendimiento. Así mismo, sugiere que es necesario continuar con este

tipo de trabajo de ensayo de híbridos con el fin de reafirmar algunos resultados, probar nuevos híbridos; tomando en cuenta un mayor número de localidades. (Estrada 1974).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización del área:

El presente ensayo se llevó a cabo en los terrenos experimentales de la División de Ciencias Agronómicas del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (C.U.C.B.A.) de la Universidad de Guadalajara, que se encuentra en las Agujas, Municipio de Zapopan, Jal.. Esta localizada entre los paralelos 22° 44' 40" de latitud Norte y 103° 31' de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. Tiene una altitud sobre el nivel del mar de 1650 msnm.

3.2. Características climáticas de la zona:

El clima predominante según la clasificación de Koppen modificada por García, es de tipo cálido subhúmedo y se clasifica: (Awo) (w) (e) (g). Durante el ciclo Primavera-Verano se registra una temperatura máxima de 27°C y una mínima de 14°C. La precipitación pluvial registrada en la región es de 934 mm. anuales.

El tipo de suelo según la clasificación de CETENAL (1972), es regosol eurico con una textura media de 30 cm. de profundidad. La textura se clasifica como franco-arenoso. El pH del suelo es de 4.8-5.2 considerándose ácido. El contenido de materia orgánica es inferior al 2%.

3.3. Material genético

El material genético utilizado consistió en 23 híbridos, de los cuales tres son testigos comerciales.

Material genético utilizado

Genealogía

- 1.- A7 X UdeG-302
- 2.- A4 X SG2-56
- 3.- A2 X LM-89511
- 4.- A2 X UdeG-302
- 5.- A7 X SG2-54
- 6.- A38 X UdeG-302
- 7.- A16 X UdeG-352
- 8.- A36 X UdeG-575
- 9.- A2 X SG2-56
- 10.- A16 X SG2-52
- 11.- A34 X SG2-54
- 12.- A26 X LM-89512
- 13.- A26 X LM-89513
- 14.- A-34 X SG2-56
- 15.- A30 X UdeG-570
- 16.- A35 X UdeG-570
- 17.- A35 X TX2831
- 18.- A34 X UdeG-248
- 19.- A34 X UdeG-430
- 20.- A26 X UdeG-573

Testigos

- 21.- D-65
- 22.- P-8133
- 23.- BRAVO.

3.4. Diseño experimental:

En el lote experimental se empleó el diseño de Bloques al Azar con 3 repeticiones y 23 tratamientos cada uno; siendo 20 experimentales y 3 materiales comerciales como testigos.

En el experimento se trazaron surcos de 5m. de longitud y 0.8m de diámetro; se utilizó una parcela experimental de 4m², en tanto que la parcela útil fue de 0.8m².

3.5. Desarrollo experimental

-Preparación del terreno:

La preparación del terreno se realizó de la forma convencional.

-Siembra:

La siembra se efectuó el 5 de julio de 1995 estando "a punto" el terreno, la semilla se distribuyó a mano y a "chorrillo" a un costado del lomo del surco.

-Fertilización:

El tratamiento usado fue de 120-40-0, aplicando la mitad de Nitrógeno a los 15 días de haber sembrado y a los 65 días se hizo una aplicación foliar con TRICEL a razón de 3 kg/ha. en 200lt. de agua.

-Control de plagas y enfermedades:

No se utilizó ningún tipo de químicos ya que no hubo necesidades de control.

3.6. Variables en estudio

1.- Días a floración: Esta correspondió en el número de días que hubo entre la fecha de siembra y en el que las plantas presentaban el 50% de estigmas receptivos.

2.- Altura de planta: Esta se tomó desde la base de la planta a la parte superior de la panoja, y se obtuvo una vez que la planta alcanzó su madurez fisiológica.

3.- Excerción: Distancia entre la última hoja y la base de la panoja (cm).

4.- Insidencia de enfermedades: La calificación para las enfermedades foliares que se presentaron en el cultivo en la localidad, se calificaron en una escala del 1-10 para incidencia y para severidad del 1-5; en donde:

Incidencia=1=10% presencia y 10=100 % en toda la planta.

Severidad=1=Sin daño aparente

2=25 %

3=50 %

4=75 %

5=Muerte de la planta

5.- Peso de mil granos: Se pesaron mil granos de cada uno de los tratamientos para comparar el peso de estos con los comerciales.

6.- Rendimiento: Se cosechó la parcela útil, separando posteriormente la paja del grano, el cual se llevó a una humedad uniforme para posteriormente obtener el peso de grano de cada parcela útil, transformándola a kg./ha..

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo se presentan para cada una de las variables en estudio.

Rendimiento.

En el análisis de varianza para la característica de rendimiento (Cuadro 1) se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos, estas probablemente, causadas por la diversidad que existe entre los materiales evaluados, en tanto que para los bloques no se presentan diferencias; por otra parte, debe de hacerse notar que en algunas partes del experimento hubo diferencias marcadas de drenaje que pudieron influir en algún modo con el valor del C.V.; sin embargo, para los fines de la presente investigación el C.V. de 19.06% es aceptable.

Cuadro 1: Cuadro de análisis de varianza para rendimiento.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.	P > F
TRATAMIENTOS	22	106806016	4854819	2.7001**	0.003
REPETICIONES	2	1606400	803200	0.4467NS	0.648
ERROR	44	79111936	1797998.5		
TOTAL	68	187524352			

C.V. = 19.062040%

Donde: * Diferencia significativa ($\alpha \leq 0.05$), ** Diferencia altamente significativa ($\alpha \leq 0.01$), NS = Diferencia no significativa

Al haber encontrado diferencias entre los tratamientos se realizó la prueba de medias (Cuadro2) utilizando la prueba de Tukey al 0.05% de probabilidad. Los materiales que presentaron los rendimientos más altos fueron A 34 X SG2-56, A2 X SG2-56 y A4 X SG2-56 con rendimientos promedios de 9484.38, 9029.69 y 9021.85 kg./ha. respectivamente; lo anterior coincide en cuanto a que todos presentaron una longitud de panoja sobresaliente y un alto peso específico de grano, siendo el A34 X SG2-56 el que presentó un mayor grado de sanidad de planta de los tres. Dentro del

mismo grupo están 18 híbridos más, existiendo una diferencia entre el primero A34 X SG2-56 y el último A35 X UdeG-575 de 3771.26 kg, dentro de los cuales se encuentran a los testigos; siendo el material BRAVO-E el mejor de ellos con 6123.96 kg./ha., en tanto que los híbridos que presentaron los más bajos rendimientos son A16 X SG2-52 y A34 X UdeG-430 con 5332.14 y 5315.39 kg /ha. respectivamente. Algunos híbridos sobresalieron para las características de longitud de panoja y peso específico de grano pero con rendimientos medios como es el caso de A36 X UdeG-575, A35 X UdeG-570 y A16 X SG2-52; esto probablemente se debió a que no mostraron la cantidad de grano suficiente por panoja, lo que provocó que la planta concentrara todos sus nutrientes a una cierta cantidad de granos; por ende, un alto peso específico de grano. Cabe señalar que no se tomó u observó la cantidad de grano por panoja en los materiales evaluados, lo que pudo haber explicado el por qué de estos rendimientos.

En comparación a los materiales más rendidores A34 X SG2-56, A2 X SG2-56 y A4 X SG2-56 los testigos BRAVO-E, D-65 y P-8133 se encontraron muy por debajo de estos; por lo que, cualquier híbrido experimental que se encuentre en el primer grupo podrán ser utilizados en próximas evaluaciones como parte del programa de seguimiento; por lo que estos materiales deben de evaluarse en ambientes contrastantes para determinar los híbridos más estables en cuanto a rendimiento, principalmente, y tolerancia a plagas. Dentro de esta evaluación el híbrido que más destacó es el originado de la cruce A34 X SG2-56 ya que mostró alto rendimiento, sanidad y una buena altura. Cabe señalar que hay materiales como A2 X SG2-56 y A4 X SG2-56 con buen altura y rendimiento (superior a 9 ton/ha.), pero tienen el inconveniente de ser demasiado altos (1.74 y 1.73 m.) y susceptibles a la roya, en donde A2 X SG2-56 presenta un 50% de daño; en tanto que el A4 X SG2-56 presenta un 75% de daño; siendo estas las principales causas por la que no pueden ser utilizados en esta zona por cuestiones de sanidad, al menos cuando sean sembrados en condiciones similares. Con respecto a otras características, los híbridos A2 X SG2-56 y A4 X SG2-56 presentan de 86 y 76 días a floración, 28.1 cm de longitud de panoja, excerción 11 y 14 cm etc. respectivamente en tanto que los días a cosecha son de 160 días aproximadamente.

Cuadro 2: Cuadro de comparación de medias para rendimiento al 0.05% de probabilidad, mediante la prueba de Tukey.

Identificación	No. de entrada	Rendimiento (kg.)	AGRUPACION
A34 x SG2-56	14	9484.38	A
A2 x SG2-56	9	9029.69	AB
A4 x SG2-56	2	9021.85	AB
A16 x UdeG-352	7	8434.29	AB
A7 x UdeG-302	1	8183.85	AB
A7 x SG2-54	5	8115.15	AB
A38 x UdeG-302	6	7655.07	AB
A35 x UdeG-570	16	7643.61	AB
A34 x UdeG-573	20	7512.4	AB
A26 x LM-89513	13	7357.71	AB
A34 x SG2-54	11	7218.79	AB
A2 x UdeG-302	4	7118.77	AB
A34 x Udeg-248	18	7052.52	AB
A26 x LM-89511	12	6194.32	AB
BRAVO-E	23	6123.96	AB
D-65	21	5925.43	AB
A35 x TX2831	17	5894.87	AB
A2 x LM-89511	3	5881.05	AB
A30 x UdeG-570	15	5834.70	AB
P-8133	22	5747.02	AB
A36 x UdeG-575	8	5713.12	AB
A16 x SG2-52	10	5332.14	B
A34 x UdeG-430	19	5315.39	B

Medias agrupadas con la misma literal, son estadísticamente iguales.

Tukey = 4130.95 0.05 = 5.34 0.01 = 6.17

Días a floración.

En el análisis de varianza para esta variable (Cuadro 3), se observa que existen diferencias altamente significativas para tratamientos, mientras que las repeticiones mostró diferencias significativas, esto se debe, como ya se mencionó anteriormente, a la gran diversidad genética presente y a que las condiciones del medio ambiente entre las repeticiones fueron heterogéneas. El coeficiente de variación del análisis fue de 7.23% el cual se considera bajo, reflejando un alto grado de confiabilidad en sus resultados.

Cuadro 3: Cuadro de análisis de varianza para días a floración.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.	P > F
TRATAMIENTOS	22	2102.84375	95.583809	2.9199**	0.001
REPETICIONES	2	310.250000	155.125000	4.7387*	0.014
ERROR	44	1440.37500	32.735794		
TOTAL	68	3853.46875			

C.V. = 7.2344685%

Donde: * Diferencia significativa (≤ 0.05), ** Diferencia altamente significativa ($\alpha \leq 0.01$), NS = Diferencia no significativa

Para este caracter mediante la comparación de medias por el método de Tukey al 0.05% de probabilidad se formaron dos grupos (cuadro 4). En el primer grupo se ubicó el híbrido A35 X TX2831 con 90 días a floración con el más alto valor; pero que estadísticamente es igual a los 21 híbridos, el segundo está conformado por el A36 X UdeG-575 como primero del grupo y el A26 X LM-89513 como el último con promedios de 89 y 73 días respectivamente con una diferencia entre sí de 16 días, siendo A7 X SG2-54, A26 X LM-89513, A34 X UdeG-573 y A34 X SG2-56 con 72, 73, 73 y 73 días respectivamente, resultando ser los más precoces. Como se puede notar la diferencia de días es considerable entre el máximo y el mínimo, pero esto no implica que necesariamente sean materiales tardíos o precoces, puesto que un material puede tener su floración después que otro, pero madurar antes (Bueno, 1990) y además, pueden madurar con gran similitud como es en el caso de esta investigación.

Cuadro 4: Cuadro de comparación de medias para días a floración al 0.05% de probabilidad, utilizando la prueba de Tukey.

Identificación	No. de entrada	Días a floración	AGRUPACION
A35 x TX2831	17	90	A
A36 x UdeG 575	8	89	AB
A2 x LM-89511	3	86	AB
A35 x UdeG-570	16	85	AB
A16 x SG2-52	10	85	AB
A38 x UdeG-302	6	84	AB
A16 x UdeG-352	7	83	AB
D-65	21	82	AB
A34 x UdeG-573	20	81	AB
A30 x UdeG-570	15	79	AB
A34 x SG2-54	11	78	AB
A7 x UdeG-302	1	77	AB
A34 x UdeG-248	18	75	AB
A26 x LM-89512	12	75	AB
A4 x SG2-56	2	74	AB
A2 x UdeG-302	4	74	AB
BRAVO-E	23	74	AB
P-8133	22	74	AB
A2 x SG2-56	9	74	AB
A34 x SG2-56	14	73	AB
A34 x UdeG-573	19	73	AB
A26 x LM-89513	13	73	AB
A7 x SG2-54	5	72	B

Medias agrupadas con la misma literal, son estadísticamente iguales.

Tukey = 17.63 0.05 = 5.34 0.01 = 6.17

Altura de planta

De acuerdo a los datos obtenidos para esta característica, el análisis de varianza (Cuadro 5) muestra que existe diferencia altamente significativa para tratamientos y repeticiones, lo que implica que los materiales difieren entre sí y que las condiciones del suelo en las repeticiones fueron heterogéneas. El Coeficiente de Variación del análisis fue de 3.67% siendo el valor más bajo de todos los análisis realizados en este trabajo.

Los resultados del análisis de varianza se explican dado que existen diferencias genéticas entre los híbridos, por la cantidad de líneas que participan en la formación de los híbridos.

Cuadro 5: Cuadro análisis de varianza para altura de planta.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	P>F
TRATAMIENTOS	22	2.701492	0.122795	36.7695**	0.000
REPETICIONES	2	0.042679	0.021339	6.3898**	0.004
ERROR	44	0.146942	0.003340		
TOTAL	68	2.891113			

C.V. = 3.673383%

Donde: * Diferencia significativa ($\alpha \leq 0.05$), ** Diferencia altamente significativa ($\alpha \leq 0.01$), NS= Diferencia no significativa

Para esta característica se obtuvieron, mediante la comparación de medias por el método de Tukey al 0.05% de probabilidad, 13 grupos (Cuadro 6). Los híbridos A16 X UdeG-352, A7 X UdeG-302 y A7 X SG2-54 presentan la mayor altura, 1.89, 1.88 y 1.87 respectivamente, considerados materiales de porte alto que en un momento dado pueden ser rechazados comercialmente por su altura en esta zona por el problema de acame que podría presentarse.

En el último grupo se encuentran siete híbridos, incluyendo un testigo los cuales se consideran de porte bajo, siendo en este donde se encuentran materiales de buen rendimiento (arriba de las 6 ton /ha.) los cuales pueden ser prometedores por su porte bajo; tales como, A34 X SG2-56, A38 X UdeG- 302, A34 X UdeG-248, A35 X UdeG-570, A26 X LM-89513 y BRAVO-E; en tanto que los híbridos A2 X SG2-56 y A4 X SG2-56, son dos de los tres con más altos rendimientos pero la altura que presentaron (1.74 y 1.73 m. respectivamente) podría ser un problema al momento de la cosecha por la pérdida de grano y/o por el problema de acame en caso de presentarse vientos lo suficientemente fuertes dado que presentan tallos delgados por lo que sería muy riesgoso la utilización al menos en esta localidad.

Cuadro 6: Cuadro de comparación de medias para altura de plantas al 0.05 % de probabilidad, utilizando la prueba de Tukey.

Identificación	No. de entrada	Altura de planta (m)	AGRUPACION
A16 x UdeG-302	7	1.89	A
A7 x UdeG-302	1	1.88	A
A7 x SG2-54	5	1.87	A
A30 x UdeG-570	15	1.82	AB
A2 x SG2-56	9	1.74	ABC
A4 x SG2-56	2	1.73	ABCD
A2 x UdeG-302	4	1.69	BCDE
A34 x UdeG 573	20	1.67	BCDEF
A34 x SG2-54	11	1.66	BCDEFG
A26 x LM-89512	12	1.63	CDEFGH
BRAVO-E	23	1.56	DEFGHI
A2 x LM-89511	3	1.55	EFGHIJ
A16 x SG2-52	10	1.53	EFGHIJ
P-8133	22	1.52	EFGHIJ
A26 x LM-89513	13	1.52	EFGHIJ
A34 x SG2-56	14	1.50	FGHIJ
A34 x UdeG-248	18	1.48	GHIJ
A38 x UdeG-302	6	1.47	HIJ
A35 x UdeG-570	16	1.43	IJ
D-65	21	1.38	JKL
A35 x Tx2831	17	1.29	JKLM
A36 x UdeG-575	8	1.25	LM
A2 x SG2-56	9	1.13	M

Medias agrupadas con la misma literal, son estadísticamente iguales.

Tukey = 0.18 0.05 = 5.34 0.01 = 6.17

Excerción

En el análisis de varianza (Cuadro 7) que se presenta para esta característica, se observa que existen diferencias significativas para tratamientos, en tanto que para repeticiones no existieron diferencias significativas. El Coeficiente de Variación del análisis fue de 29.86% el cual se considera un valor alto.

Cuadro 7: Cuadro de análisis de varianza para excerción.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.	P>F
TRATAMIENTOS	22	771.143555	35.0151979	2.0456*	0.021
REPETICIONES	2	82.031250	41.015625	2.3936NS	0.101
ERROR	44	753.971680	17.13579		
TOTAL	68	1607.14648			

C.V. = 29.86611%

Donde: * Diferencia significativa ($\alpha \leq 0.05$), ** Diferencia altamente significativa ($\alpha \leq 0.01$), NS = Diferencia no significativa

Dado que se presentó diferencias entre tratamientos se realizó la comparación de medias utilizando el método de Tukey al 0.05% de probabilidad; se obtuvieron 2 grupos (cuadro 8). La prueba muestra que el híbrido de mayor excerción fue el A30 X UdeG-570 presentando un valor de 23.2 cm, y el de menor excerción el híbrido A34 X SG2-54 con 11 cm; los testigos BRAVO-E, D-65 y P-8133 son estadísticamente iguales al primero. El segundo grupo ubica los híbridos A7 X UdeG-302, A16 X UdeG-352 y A38 X UdeG-302 con longitudes de 10.1, 9.3 y 8.3 cm. en ese orden; aunque de menor excerción, es aceptable. Con base en estos resultados se considera que los materiales no presentan problemas.

Cuadro 8: Cuadro de análisis de varianza para excersión al 0.05% de probabilidad, mediante la prueba de Tukey.

Identificación	No. de entrada	Excersión (cm.)	AGRUPACION
A30 x UdeG-570	15	23.2	A
A35 x UdeG-570	16	18.6	AB
A35 x TX2831	17	17.3	AB
BRAVO-E	23	16.6	AB
A16 x SG2-52	10	16.6	AB
A26 x LM-89512	12	16.5	AB
A34 x UdeG-573	20	16.4	AB
A36 x UdeG-575	8	15.1	AB
A4 x SG2-56	2	14.6	AB
A2 x LM-89511	3	14.6	AB
D-65	21	14.1	AB
P-8133	22	13.8	AB
A34 x Udeg-430	19	12.5	AB
A26 x LM-89513	13	12.4	AB
A34 x UdeG-248	18	12.1	AB
A34 x SG2-54	11	12.1	AB
A2 x UdeG-302	4	11.4	AB
A34 x SG2-56	14	11.2	AB
A2 x SG2-56	9	11.0	AB
A7 x SG2-54	5	11.0	AB
A7 x UdeG-302	1	10.1	B
A16 x UdeG-352	7	9.3	B
A38 x UdeG-302	6	8.3	B

Medias agrupadas con la misma literal, son estadísticamente iguales.

Tukey = 12.75 0.05 = 5.34 0.01 = 6.17

Longitud de panoja

En el análisis de varianza para esta característica (cuadro 9), se observa que se presentaron diferencias altamente significativas para tratamientos, en tanto que para repeticiones no existieron diferencias.

Cuadro 9: Cuadro de análisis de varianza para longitud de panoja.

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	F.	P > F
TRATAMIENTOS	22	486.121094	22.096413	5.1957**	0.000
REPETICIONES	2	14.714844	7.757422	1.7300NS	0.087
ERROR	44	187.125000	4.252841		
TOTAL	68	687.960938			

C.V. = 7.493137%

Donde: * Diferencia significativa ($\alpha \leq 0.05$), ** Diferencia altamente significativa ($\alpha \leq 0.01$), NS = Diferencia no significativa

En la comparación de medias (cuadro 10) mediante la prueba de Tukey al 0.05 % de probabilidad, muestra que el híbrido A36 X UdeG-575, A35 X UdeG-570 y A16 X SG2-52 con 31.9, 30.3 y 30.2 cm., respectivamente, fueron los más sobresalientes. Con relación a los híbridos que presentaron los más altos rendimientos de la evaluación A34 X SG2-56, A2 X SG2-56 y A4 X SG2-56 mostraron igualdad en la longitud de panoja con 28.1 cm., los testigos D-65, P-8133 y BRAVO-E presentaron los valores más bajos con 24.1, 21.5 y 19.7 cm. respectivamente ; siendo quizá una de las principales causas por la que presentan un bajo rendimiento en comparación a los demás. Los híbridos A36 X UdeG-575, A35 X UdeG-570 y A16 X SG2-52 al igual que los más destacados en rendimiento A34 X SG2-56, A2 X SG2-56 y A4 X SG2-56 presentan buena longitud de panoja y alto peso específico de grano; característica que se correlaciona para obtener un alto rendimiento; sin embargo, los híbridos A35 X UdeG-570, A36 X UdeG-575 y A16 X SG2-52 muestran rendimiento medio 7643, 5713 y 5332 kg/ha. respectivamente; lo anterior puede atribuirse a que quizá presentaron poca cantidad de grano por panoja.

Cuadro 10: Cuadro de comparación de medias de logitud de panoja al 0.05% de probabilidad mediante la prueba de Tukey.

Identificación	No. de entrada	Longitud de panoja(cm.)	AGRUPACION
A36 x UdeG-575	8	31.9	A
A35 x Udeg-570	16	30.3	AB
A16 x SG2-52	10	30.2	AB
A7 x UdeG-302	1	29.8	AB
A2 x UdeG-302	4	29.1	AB
A34 x UdeG-573	20	28.9	AB
A38 x UdeG-302	6	28.9	AB
A2 x LM-89511	3	28.8	AB
A26 x LM-89513	13	28.1	AB
A4 x SG2-56	2	28.1	AB
A2 x SG2-56	9	28.1	AB
A34 x SG2-56	14	28.1	AB
A34 x UdeG-430	19	28.0	AB
A34 x UdeG-248	18	27.6	ABC
A30 x UdeG-570	15	27.5	ABC
A7 x SG2-54	5	27.4	ABC
A16 x UdeG-352	7	27.4	ABC
A34 x SG2-54	11	27.0	ABC
A35 x TX2831	17	26.8	ABC
A26 x LM-89512	12	25.9	ABCD
D-65	21	24.1	BCD
P-8133	22	21.5	CD
BRAVO-E	23	19.7	D

Medias agrupadas con la misma literal, son estadísticamente iguales.

Tukey= 6.35 0.05= 6.34 0.016.17

Peso de mil granos

En este análisis de varianza (cuadro 11) para peso de mil granos se puede observar que existe diferencias significativa para tratamientos, mientras que para repeticiones no muestra diferencia estadística significativa. El Coeficiente de Variación del análisis fue de 13.27%. La variación existente en la característica de mil granos según el análisis obtenido se debió a la diferencia en la constitución genética entre los híbridos.

Cuadro 11: Cuadro de análisis de varianza para peso de mil granos.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.	P > F
TRATAMIENTOS	22	778.390625	35.381393	2.0519*	0.021
REPETICIONES	2	45.234375	22.617188	1.3117NS	0.279
ERROR	44	758.703125	17.243254		
TOTAL	68	1582.32813			

C.V. = 13.278943%

Donde :* Diferencia significativa ($\alpha \leq 0.05$), ** Diferencia altamente significativa ($\alpha \leq 0.01$), NS= Diferencia no significativa

Al realizar la prueba de Tukey al 0.05 % de probabilidad (cuadro 12) se encontró que no existe diferencias estadística entre los tratamientos, sin embargo, se observa que el híbrido de mayor peso específico en el grano fueron A2 X SG2-56, A2 X UdeG-302, A35 X UdeG-570 y A34 X SG2-56 con 36.4, 35.7, 35.3 y 35.1 gr. respectivamente y el menor fue A26 X LM-89513 con 25 gr. siendo la diferencia de 10.4 gr.. En cuanto al híbrido con más alto rendimiento A34 X SG2-56 , este se colocó entre uno de los materiales de más alto peso específico de grano con 35.1 gr. a sólo 1.3 gr. del mejor. En comparación al mejor testigo que fué el BRAVO-E con un peso de 30.8 gr. el más rendidor A34 X SG2-56 lo superó con una cantidad considerable. El alto peso específico de grano es otra de las principales características que contribuyeron para que el híbrido A34 X SG2-56 obtuviera el más alto rendimiento, no así para los testigos, que estan entre unos de los más bajos en peso específico de grano.

Cuadro 12: Cuadro comparación de medias para peso de mil granos al 0.05% de probabilidad, utilizando la prueba de Tukey.

Identificación	No. de entrada	Peso de mil granos (gr)	AGRUPACION
A2 x SG2-56	9	36.4	A
A2 x UdeG-302	4	35.7	A
A35 x UdeG-570	16	35.3	A
A34 x SG2-56	14	35.1	A
A35 x Tx2831	17	35.0	A
A30 x UdeG-570	15	34.8	A
A4 x SG2-56	2	34.5	A
A38 x UdeG-302	6	34.0	A
A x UdeG-302	1	34.0	A
A36 x UdeG-575	8	31.8	A
A34 x UdeG-573	20	31.0	A
BRAVO-E	23	30.8	A
A7 x SG2-54	5	30.5	A
A34 x UdeG-248	18	30.5	A
P-8133	22	30.3	A
A2 x LM-89511	3	29.2	A
A16 x UdeG-352	7	29.2	A
A26 x LM-89512	12	28.4	A
A34 x SG2-54	11	27.4	A
D-65	21	27.4	A
A16 x SG2-52	10	26.9	A
A34 x UdeG-248	19	26.2	A
A26 x LM-89513	13	25.0	A

Medias agrupadas con la misma literal, son estadísticamente iguales.

Tukey = 12.79 0.05 = 5.34 0.01 = 6.17

La discusión de los resultados de las características consideradas en este trabajo se presentan de manera general.

Los resultados del análisis de varianza de las variables estudiadas incluyendo rendimiento mostraron en su gran mayoría, diferencias altamente significativas para tratamientos, con excepción de las características de excersión y peso de mil granos ya que solo mostraron diferencias significativas, lo cual indica que los materiales evaluados difieren estadísticamente entre sí, para la mayoría de las características excepto el peso específico de grano; esto se debe a que la gran mayoría de los híbridos tienen orígenes genéticos distintos.

En cuanto a repeticiones, en cada uno de los análisis de varianza realizados, se puede observar que solamente altura de planta mostró diferencias altamente significativa, en tanto que la característica de días a floración, solo muestra diferencias significativa; no así para rendimiento, excersión, longitud de panoja y peso de mil granos que no presentaron diferencia significativa. Lo anterior indica que el medio ambiente era diferente. De acuerdo con los valores obtenidos, indican que las características de altura de planta y días a floración se vieron afectadas por ambiente; en tanto que las restantes no se vieron influenciadas por el medio ambiente de las repeticiones.

En cuanto al Coeficiente de Variación (C.V.) que presentaron los análisis de varianza para cada una de las variables estudiadas, se pueden considerar en su conjunto como aceptables, ya que en su mayoría presentaron valores menores de 13.27%, a excepción del C.V. para excersión con un valor de 29.86% siendo el más alto y el de rendimiento con un valor de 19.06%; este valor se justifica por tratarse de un carácter de orden cuantitativo, el cual es altamente influenciado por el medio ambiente, además de que la evaluación fué llevada a cabo bajo condiciones de temporal; en tanto que la longitud de excersión, a pesar de ser una característica que se debe a un menor número de genes, muestra el valor alto por la variación que se presenta al tomar valores de este carácter.

V. CONCLUSIONES

- 1.- Los híbridos de sorgo evaluados mostraron diferencias estadísticas en cada una de las características varietales y componentes de rendimiento evaluados a excepción de peso específico de grano.
- 2.- El híbrido que mostró mejores características en cuanto a rendimiento, componentes de rendimiento y características agronómicas de mayor interés, tales como: ciclo vegetativo y resistencia a enfermedades foliares, fue el originado de la cruce A34 X SG2-56.
- 3.- El híbrido originado por las líneas A2 y SG2-56, mostró un rendimiento estadísticamente igual al híbrido formado por las líneas A34 y SG2-56. Sin embargo al analizar el resto de las características agronómicas no se mantiene como lo hace el híbrido antes referido.
- 4.- Los híbridos comerciales, utilizados como testigos, mostraron un rendimiento bajo en comparación al híbrido A34 X SG2-56.
- 5.- El progenitor masculino (SG2-56) es un progenitor común en los tres híbridos superiores en cuanto a rendimiento; lo cual habla de la capacidad combinatoria de la línea.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Allard R., W. 1981. Principio de la mejora genética de las plantas. Cuarta edición, Ediciones OMEGA, S.A..Barcelona.
- Bueno S., M.O. 1990. Tesis profesional. Evaluación de líneas experimentales de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) del programa de mejoramiento de sorgo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Guadalajara. Guad., Jal.; México.
- Brauer H., O. 1983. Fitogenética aplicada. Editorial LIMUSA. México.
Chávez A., J.L. mejoramiento de plantas 1. Segunda edición; Editorial TRILLAS. México.
- De La Loma J., L. 1973. Experimentación agrícola. Editorial UTEHA. México.
- Estrada M., A. 1974. Tesis profesional. Evaluación de nuevos sorgos híbridos experimentales para granos del Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INIA) en el Mpio. de Zapopan. Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. México.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 2a Ed. UNAM. México.
- González L., S 1985. Tesis profesional. desarrollo del Programa de mejoramiento genético del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Facultad de Agricultura de la Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. México.
- Harrington J., B. 1954. Método de mejora cerealista. FAO, primera impresión. Italia

- House L., R. 1982. EL SORGO, guía para su mejoramiento genético. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Ibar A., L. 1984. SORGO, cultivo y aprovechamiento. Primera edición; Editorial AEDOS. México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) 1994.
- Jugenheimer R., W. 1981. MAIZ, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. versión en español Rodolfo Piña. Primera edición; Editorial LIMUSA. México.
- López T., M. 1995. Fitomejoramiento. Primera edición; Editorial TRILLAS. México.
- Márquez S., F. 1988. Genotecnia vegetal, métodos, teoría, resultados. Tomo II, Primera edición; AGT EDITOR. México.
- Maxwell G., F. y Jennings R.; P. 1984. Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Traducción Ramón Elizondo Mata. Primera edición; Editorial LIMUSA. México.
- Metcalf D., S. y Elkins D., M. 1987. PRODUCCION DE COSECHAS, fundamentos y prácticas. Primera edición. México.
- Miller F., R. 1995 Cambios genéticos recientes en el sorgo destinadas a la producción de granos, 1994-1995. Traducción V. Mireles, Editada CANACINTRA. México.
- Padilla G., J.M. 1991. Tesis profesional. Evaluación Interinstitucional de materiales experimentales de sorgo (*Sorghum bicolor* L.Moench). Facultad de Agronomía de la U.de G. Guadalajara, Jalisco. México.

- Poehlman J., M. 1992. Mejoramiento genético de las cosechas. Novena reimpresión; Editorial LIMUSA. México.
- Poey D., F.R. 1978. El mejoramiento Integral del Maiz, valor nutritivo y rendimiento; hipótesis y métodos. Editorial del Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.
- Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. Primera edición; AGT EDITOR, S.A. México
- Robles S., R. 1986. Genética elemental y Fitomejoramiento práctico. Primera edición. México.
- Romero H., L. 1984 Antecedentes del mejoramiento genético en México (1892-1980). Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Centro de Investigaciones Agropecuarias, Marín; N.L.. México.
- Sánchez M., J. 1986 Tesis profesional. Selección y Evaluación de materiales de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) de grano blanco para consumo humano. Facultad de Agronomía de la U.deG.. Guadalajara, Jalisco. México.
- Sánchez V., E. 1984 Tesis profesional. Ensayo de adaptación y rendimiento de 20 variedades híbridas de sorgo para grano en el Municipio de Zapotiltic, Jalisco. Escuela de Agronomía de la U.de G.. Guadalajara, Jalisco. México.
- Sandoval I., E; J. Sánchez, M.; S. González L. 1986. Avances del Programa de mejoramiento genético de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) de la Facultad de Agronomía de la U.de G. en: Culiacán Rosales, Sinaloa. México.

- Wilsie P., C. 1966 CULTIVOS; aclimatación y distribución. Editorial LIMUSA. España.
- Wilson H., K y Richer A., C. 1984 Producción de cosechas. Octava reimpresión; Editorial CONTINENTAL. México.
- Wall J., S. y Ross W. M. 1975 Producción y usos del sorgo. Primera edición; Editorial Hemisferio Sur, S.R.L.. Argentina.
- Williams W., 1965 Principios de genética y mejora de las plantas. Editorial ACRIBIA. España.

VII. APÉNDICE

Cuadro 13: Cuadro de concentración de datos de las características agronómicas.

No.ent	GENEALOGIA	D.F.	A.P. (cm)	L.P. (cm)	Exc (cm)	PMG (gr)	T.P.	C.D.G.	REN. kg/ha
1	A7 X UdeG-302	74	1.88	29.8	10.1	33.9	SC	B	8183
2	A4 X SG2-56	87	1.73	28.1	14.6	34.5	C	B	9021
3	A2 X LM-89511	86	1.55	28.8	14.6	29.2	SA	R	5881
4	A2 X UdeG-302	74	1.69	29.1	14.4	35.7	SA	R	7118
5	A7 X SG2-54	72	1.87	27.4	11.0	30.5	SC	B	8115
6	A38 X UdeG-302	84	1.47	28.9	8.3	34.0	C	R	7655
7	A16 X UdeG-302	83	1.89	27.4	9.3	29.2	SC	B	8434
8	A36 X UdeG-575	89	1.25	31.9	15.1	31.8	SC	R	5713
9	A2 X SG2-56	74	1.74	28.1	11.1	36.4	SC	R	9029
10	A16 X SG2-52	78	1.53	30.2	16.6	26.9	C	B	5332
11	A34 X SG2-54	78	1.66	27.0	12.1	27.4	SC	B	7218
12	A26 X LM-89512	75	1.63	25.9	16.5	28.4	SC	R	6194
13	A26 X LM-89513	73	1.52	28.1	12.4	25.0	SC	R	7357
14	A34 X SG2-56	73	1.50	28.1	11.2	35.1	SC	B	9484
15	A30 X UdeG-570	79	1.82	27.5	23.2	34.8	C	R	5834
16	A35 X UdeG-570	85	1.43	30.3	18.6	35.3	C	R	7643
17	A35 X TX2831	90	1.29	26.8	17.3	35.0	SC	R	5894
18	A34 X UdeG-248	75	1.48	27.6	12.1	35.0	SC	B	7052
19	A34 X UdeG-430	73	1.13	28.0	12.5	26.2	SC	B	5315
20	A34 X UdeG-573	81	1.67	28.9	16.4	31.0	A	R	7512
21	D-65	82	1.38	24.1	14.1	27.4	SC	R	5925
22	P-8133	84	1.52	21.5	13.8	30.3	C	B	5747
23	BRAVO-E	74	1.56	19.7	16.6	30.8	C	R	6123

Donde: D.F : Días a floración Exc.: Excerción C.D.G : Color de grano Rojo y Blanco

A.P. : Altura de planta PMG : Peso de mil granos REN.: Rendimiento

L.P. : Longitud de panoja T.P. : Tipo de panoja (Abierta, Compacta y Semi-Compacta)

Cuadro 14: Cuadro de incidencia y severidad de enfermedades de los materiales evaluados.

No.ent	GENEALOGIA	Puccinia sp.		Helminthosporium sp.	
		INC.	SEV.	INC.	SEV.
1	A7 X UdeG-302	10	4		
2	A4 X SG2-56	10	4		
3	A2 X LM-89511	10	4		
4	A2 X UdeG-302	10	3.5		
5	A7 X SG2-54	10	4	1	0.5
6	A38 X UdeG-302	10	1		
7	A16 X UdeG-302	10	4		
8	A36 X UdeG-575	10	3.5		
9	A2 X SG2-56	10	3		
10	A16 X SG2-52	10	4		
11	A34 X SG2-54	8	1		
12	A26 X LM-89512	5	1		
13	A26 X LM-89513	10	1		
14	A34 X SG2-56	10	1		
15	A30 X UdeG-570	10	1		
16	A35 X UdeG-570	10	3		
17	A35 X TX2831	10	4		
18	A34 X UdeG-248	10	4		
19	A34 X UdeG-430	10	4.5		
20	A34 X UdeG-573	10	1		
21	D-65	10	3		
22	P-8133	10	1		
23	BRAVO-E	10	2		

INC. = INCIDENCIA (presencia parcial=1, presencia total en la planta=10)

SEV. = SEVERIDAD 1.-Sin daño aparente 4.- 75%

2.- 25%

5.- muerte de la planta

3.- 50%