

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Estimación de la Aptitud Combinatoria de Líneas de Sorgo
(*Sorghum bicolor* L. Moench) y sus cruzas posibles para la
Selección de Híbridos.

Por:

OSCAR CADENAS RAMÍREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Octubre del 2000

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**Estimación de la Aptitud Combinatoria de Líneas de Sorgo (*Sorghum
bicolor* L. Moench) y sus cruzas posibles para la selección de Híbridos.**

POR:

OSCAR CADENAS RAMÍREZ

TESIS
QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO

EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

ESPECIALIDAD PRODUCCIÓN

A P R O B A D A

EL PRESIDENTE DEL JURADO

ING. M.C. LUIS ANGEL MUÑOZ ROMERO

BIOL. M.C. ARMANDO RODRIGUEZ G.

ING. ALFREDO FERNANDEZ G.

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

ING. M.C. REYNALDO ALONSO VELASCO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

OCTUBRE DEL 2000

INDICE DE CONTENIDO

Dedicatorias	I
Agradecimiento	IV
Índice de contenido	V
Indice de cuadros	VII
Resumen	IX
I. INTRODUCCION	1
Objetivos	3
Hipótesis	3
II. REVISION DE LITERATURA	4
Líneas	4
Hibridación	7
Heterosis	9
Probadores	13
Aptitud Combinatoria	15
III. MATERIALES Y METODOS	21
Material Genético	21
Ambientes de Prueba	23
Reynosa Tamaulipas	23
Zaragoza Coahuila	23
Celaya Guanajuato	24
Establecimiento y Manejo de los Experimentos	25
Preparación del Terreno	25
Siembra	25
Fertilización	26
Labores Culturales	26
Toma de Datos de Campo	26
Altura de planta	26

Exercion	27
Longitud de panoja	27
Rendimiento	27
Análisis Estadísticos	28
Esquema de Apareamiento	32
Estimación de Aptitud Combinatoria	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	34
Análisis Individuales	34
Análisis Combinado	45
Aptitud Combinatoria General (ACG)	51
Aptitud Combinatoria Especifica (ACE)	53
V. CONCLUSIONES	58
VI. RECOMENDACIÓN	61
VII. LITERATURA CITADA	62
APENDICE	68

DEDICATORIAS

A DIOS:

Por darme ese hermoso detalle de la vida y por permitir vivir en compañía de los demás y ser hijo suyo, por haber nacido de padres muy buenos. Por toda su creación y darme la oportunidad de estudiar una pequeña parte de ella. Por iluminarme en los momentos difíciles, por todo lo que me ha dado, por darme la esperanza de una mañana mejor y por haberme permitido terminar con mi carrera, por cuidarme y guiarme por el camino del bien.

A MIS PADRES

Urbano Cadenas Neri
Columba Ramírez Méndez

Con todo mi amor y agradecimiento. Por que son lo mejor que Dios me ha dado. Por haber hecho posible mi existencia en un mundo lleno de amor, alegría, responsabilidad y humildad. Por darme todo su amor, confianza y paciencia en todo momento.

A MIS HERMANOS

ING. MC Alicia Cadenas Ramírez
ING. Luis Ramón Cadenas Ramírez
Jorge Cadenas Ramírez
Edith Cadenas Ramírez

Por brindarme siempre su amor, su amistad, su cariño, y su apoyo y que siempre me alentaron para seguir adelante y para alcanzar mis metas y siempre los llevare adentro de mi corazón, les deseo lo mejor en la vida.

A MIS PRIMOS

Xochilt, Alejandro y Marco que han llevado la alegría a mi humilde hogar.

A LA FAMILIA CABRERA HERNANDEZ.

Sr. Gil Cabrera Villa
Sra. Ma. de Jesús Hernández de Cabrera e hijos

Por su cariño, apoyo y amistad brindada que desde mi llegada a esta ciudad me acojio en su seno familiar dándome su cariño como un miembro más de su familia que Dios los bendiga siempre

A LAS FAMILIAS: Cabrera Torres, Cabrera Reyes, Cabrera Medina, Órnelas Cabrera, De León Cabrera, López Cabrera, Flores Cabrera, Cabrera López.
A Mary Cabrera, Martha Cabrera, Silvestre Cabrera y la Sra. Rossy García por su amistad y cariño que siempre me brindaron y me apoyaron mil gracias.

En especial le dedico esta tesis a un gran amigo, más que un amigo a un hermano a **GIL CABRERA HERNANDEZ**. Por su cariño y apoyo incondicional, que siempre me dio consejos para seguir adelante, que siempre estuvo en los buenos y en los malos momentos conmigo. Mil gracias

A LA FAMILIA TORRES TAVERA

Sr. Fermín Torres
Sra. Victoria Tavera de Torres e hijos.

Por su cariño, apoyo y amistad que me brindaron en su casa y que siempre estuvieron conmigo en la salud y en la enfermedad que Dios siempre me los bendiga.

CON RESPETO Y CARIÑO

A mis abuelos, a mis tíos paternos y maternos, a mis primos paternos y maternos.

A MIS GRANDES AMIGOS

Elios Coyote Ortiz, Rusbel A. López Reyes, Juan Pineda Sánchez, Octavio Sandoval Pliego, Edgar Quintero Cadenas. Por su gran amistad de muchos años.

A MIS AMIGOS

Octavio, Edgar, Silvia, Araceli, Angélica, Edño, Erasmo, Zulma, Jesús, Miguel, Jorge, Joaquín, Juan Pedro. Por compartir momentos agradables.

Para alguien muy en especial que siempre estuvo conmigo en las buenas y en las malas y además de brindarme su amor, su cariño y comprensión.

A MIS COMPAÑEROS DE LAS GENERACIONES

LXXXVIII , LXXXIV y LXXXX por compartir con ellos agradables momentos.

AL INSTITUTO MEX. DEL MAÍZ “MARIO E. CASTRO GIL”

A la Lic. Sandra R. López Betancour por su valiosa ayuda en la formación de este trabajo de tesis

A la memoria de mi compañero Cesar del Angel Pineda Sol. (†)

AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro señor por darme la vida y cuidar de mi.

A mi Alma Mater por recibirme y abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de formarme como profesionista y ser parte de ella, y por permitir alcanzar otro objetivo más en mi vida.

Al ING. M.C. Luis Angel Muñoz Romero, por su amistad incondicional y brindarme la oportunidad de realizar bajo su asesoría en el presente trabajo de tesis.

Al Biol. M.C. Armando Rodríguez García por su amistad y por sus valiosas aportaciones y correcciones hechas durante el presente trabajo.

Al ING. Alfredo Fernández Gaytan por su valiosa ayuda y elaboración de este trabajo de tesis.

A todas aquellas personas que de una forma u otra contribuyeron con este trabajo de tesis.

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAG.
3.1 Análisis de Varianza individual para un diseño de bloques al azar.	29
3.2 Análisis de Varianza combinado para un diseño de bloques al azar.	30
4.1 Cuadrados medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en Zaragoza, Coahuila.	35
4.2 Valores medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en la localidad de Zaragoza, Coahuila.	37
4.3 Cuadrados medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en Reynosa, Tamaulipas.	38
4.4 Valores medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en la localidad de Reynosa, Tamaulipas.	40
4.5 Cuadrados medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en Celaya, Guanajuato.	42
4.6 Valores medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en la localidad de Celaya, Coahuila.	44
4.7 Análisis de Varianza combinado de cuatro características de sorgo grano evaluadas en tres localidades	46

4.8 Valores medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en las tres localidades.	50
4.9 Valores de Aptitud Combinatoria General de Hembras en cada una de las localidades en la variable rendimiento.	52
4.10 Valores de Aptitud Combinatoria General de Machos en cada una de las localidades en la variable rendimiento.	52
4.11 Resultados de ACE de las tres localidades.	56
4.12 Relación de mejores híbridos para las tres localidades.	57

RESUMEN

El presente trabajo nace de la necesidad de que existan híbridos comerciales pertenecientes a compañías nacionales, esto para intentar bajar los precios por toneladas de semilla híbrida de sorgo para grano que existen en el mercado actual; ya que los híbridos utilizados en el campo mexicano pertenecen a compañías transnacionales.

En esta investigación se evaluaron 25 híbridos de sorgo para grano, intentando seleccionar los mejores materiales que presenten buenas características y rendimientos evaluados en comparación con testigos comerciales, a través de tres localidades: las localidades utilizadas en este trabajo fueron: Reynosa Tamaulipas, Zaragoza Coahuila, Celaya Guanajuato. Las características que fueron evaluadas son: Longitud de panoja, Altura de planta, Excercion, y Rendimiento.

El diseño experimental utilizado fue un Análisis de Varianza de Bloques al azar para cada localidad y posteriormente un Análisis de Varianza Combinado, este para tratar de observar si había diferencia significativa a cualquier nivel para la fuente de variación tratamientos, lo que nos indica la existencia de unos materiales mejores que otros; este mismo nos proporciona la información de la Interacción Tratamientos por Localidad, que no es otra cosa más que la Interacción del genotipo con el medio ambiente, y

además se realizó una prueba de Rango Múltiple por D.M.S, para encontrar cuales de los materiales eran estadísticamente superiores o iguales a los híbridos comerciales usados como testigos y también cuales de los materiales eran inferiores.

Los resultados muestran que los híbridos superiores en la variable rendimiento en la localidad de Zaragoza, Coah A2 X IA28, AN35 X IA28, AN34 X IA28, AN39 X IA28, IA36 X IA28; en la localidad de Celaya, Gto destacan los híbridos: A2 X IA28, AN34 X IA28, AN35 X RTX433; mientras que en Reynosa, Tamps sobresalen las combinaciones híbridas: A2 X IA28, AN34 X IA28, IA36 X IA28, AN35 X RTX433, AN39 X IA57.

Se obtuvieron resultados de aptitud combinatoria donde se observó que las mejores líneas androesteriles que presentaron mayor porcentaje de ACG en las diferentes localidades fueron:

En Celaya, Gto. destaca el A2(733.67) y AN35(390.80) y para Zaragoza Coah. A2(1135.07), AN35(780.73) y para Reynosa, Tamps AN39(612.27), A2(324.67)

Mientras que en las líneas restauradoras que presentaron son los siguientes: Celaya, Gto IA28(1454.40), RTX433(729.93) y en Zaragoza Coah IA28(1806.07) y en Reynosa, Tamps IA28(549.47), y las cruces que presentaron mayor valor de ACE fueron en las diferentes localidades son las siguientes:

Celaya,Gto AN39 X IA9(1646.4667), A2 X IA28(1463.4), Zaragoza,Coah IA36 X
IA28(992.2667), AN34 X IA28(911.2667) y Reynosa,Tamps A2 X
IA9(1332.1333), AN34 X IA28(999.333.4).

INTRODUCCION

El cultivo del sorgo en nuestro país tiene un gran potencial debido a su gran adaptabilidad a las diferentes condiciones ecológicas, pudiéndose cultivar desde el nivel del mar, tanto en trópicos húmedos como en trópicos secos hasta altitudes de 1850 m.s.n.m. Presenta algunas ventajas sobre otros cultivos como el maíz debido a que posee características que le permiten ser adoptado por los productores, como son: tolerancia a sequía, resistencia a altas temperaturas, amplio rango de adaptación, tolerancia a frío etc.

En la mayoría de los programas de mejoramiento. El uso de la esterilidad genética-citoplasmica en sorgo es de gran utilidad, ya que permite realizar, con mayor facilidad la formación de híbridos entre líneas androesteriles (hembras) y líneas restauradoras (machos). Además, los objetivos principales es la búsqueda de materiales con un alto potencial de rendimiento; sin embargo, debido a la naturaleza genética cuantitativa que determina la expresión fenotípica de esta característica no es nada fácil obtener materiales que respondan favorablemente.

El fenómeno de la heterosis en el mejoramiento genético de las plantas es una herramienta que usa el mejorador y que le permite obtener, por causa de este efecto, híbridos cada vez más rendidores; sin embargo para lograr esto es necesario que el mejorador seleccione los mejores progenitores que le garanticen la utilización de las mejores líneas en combinaciones híbridas.

Unos de los criterios más utilizados por los mejoradores para la selección, de líneas es el uso de los valores de aptitud combinatoria general (ACG) y de aptitud combinatoria específica (ACE); los cuales estiman los efectos de la varianza aditiva y la varianza de dominancia respectivamente. Para poder llevar a cabo estas estimaciones los mejoradores hacen uso de diferentes diseños genéticos, o de cruzamientos

La estimación de parámetros genéticos, son herramientas estadísticas de gran utilidad que nos permite conocer la estructura genética de los materiales en estudio. Uno de los diseños que nos permiten determinar la varianza genética fue propuesto por Comstock y Robinson(1959), conocido como diseño II de Carolina del Norte, que incluye un análisis de progenitores hembras y machos.

OBJETIVOS

- 1.- Detectar híbridos con buen potencial de rendimiento en cada una de las localidades en estudio.
- 2.- Determinar la Aptitud Combinatoria General (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de los progenitores hembras y machos.
- 3.- Determinar que híbridos pueden ser explotados a nivel comercial.

HIPOTESIS

- 1.- De todos los híbridos evaluados, algunos superan o igualan de los testigos comerciales.
- 2.- Existen líneas que presentan buena ACG y que pueden ser incluidas en poblaciones.
- 3.- Existen progenitores hembras y machos que explotan entre ellos el máximo efecto de ACE.

REVISION DE LITERATURA

Líneas

Sinnot (1970), define líneas puras como la progenie de un solo individuo obtenida por autofecundación.

Una línea pura es la población compuesta por la descendencia de uno o varios individuos de igual constitución genética, cuando todos los individuos tienen exactamente la misma composición genética que sus progenitores y son, por consiguiente, genéticamente idénticos entre si (De la loma, 1979). Esta identidad genética determina que todos los individuos pertenecientes a una línea pura tengan exactamente la misma potencialidad hereditaria y, por tanto que sean exactamente iguales exteriormente.

Brauer (1980), menciona que una línea es un individuo autógeno, la cual se produce mediante semilla, conservando sus caracteres hereditarios idénticos de una generación a otra, tanto como entre las plantas de la misma generación. Esta igualdad hereditaria, cuando las plantas se producen a través de semilla, es una manifestación de la homocigosis es decir, de todas las

plantas tienen una composición genética idéntica y los gametos que en ellas se forman son también genéticamente idénticos entre sí.

Según Poehlman (1986), línea pura es la progenie descendiente únicamente por autofecundación de una planta individual

Márquez (1988), menciona que línea pura es la progenie de un individuo en el momento en que este se considera homocigótico, de manera que de esa generación en adelante, los individuos reproductores pueden ser tanto como sea posible y deseable.

Al llevar todavía por varias generaciones de autofecundación a las líneas para hacer la prueba de ACG significa varios años de trabajo adicional durante los cuales se estaría acarreando material que podría ser desechado previamente a través de dicha prueba.

Allard (1967), menciona que el valor de una línea pura se basa en su capacidad para producir híbridos superiores cuando se combina con otras líneas puras, esto significa que requieren una evaluación final, la cual puede determinarse mejor mediante el comportamiento de híbridos.

Chavez y López(1987), citan que la formación de líneas puras es básico para tener éxito en la hibridación, porque durante la formación de ellas, se debe

realizar una selección entre líneas y otra dentro de las líneas con el propósito de eliminar aquellas plantas que presenten características indeseables.

Así mismo, define la hibridación como el aspecto de fecundar los gametos femeninos de un individuo con gametos masculinos de otro y los objetivos de esta son:

- 1.- Explotar el vigor híbrido (heterosis)
- 2.- Formación de ideotipos específicos para determinados ambientes
- 3.- Provocar la variabilidad y selección de nuevos materiales

El objetivo principal de la endocría es obtener líneas puras con aptitud combinatoria superior, las cuales son utilizadas para formar híbridos o compuestos (Jugenheimer, 1981), la endocría pone de manifiesto y hace posible la eliminación de caracteres recesivos deletéreos o inferiores.

East y Hayes (1912), citado por Hayes e Immer (1955), mencionan que los efectos más importantes producidos por la endocría y selección, son los siguientes:

- 1.- Como consecuencia de la autofecundación continuada, se ha producido una reducción en el vigor vegetativo de todas las líneas de maíz.

2.- Las líneas endocriadas se diferencian con respecto a numerosos. caracteres

3.- Algunas líneas endocriadas son mucho más vigorosas que otras aun cuando posean el mismo grado de homocigosis.

4.- Algunas líneas endocriadas carecen de vigor a tal grado que no es posible propagarlas.

5.- La endocría continuada conduce a la purificación del tipo.

Wellhausen y Wortman (1954), mencionan que mediante endogamia y selección visual en líneas seleccionadas S_1 resulta una pequeña ganancia en habilidad combinatoria en comparación con S_3 pero únicamente cuando las líneas fueron probadas en combinaciones híbridas bajo condiciones similares a estas, donde la endogamia y selección fueron hechas y que los valores de correlación de rendimiento medio para S_1 y derivadas S_3 en mestizos fueron positivos, altamente significativos y de suficiente tamaño para el valor práctico.

Hibridación

Poehlman (1986), menciona que el maíz híbrido es la primera generación proveniente del cruzamiento artificial de progenitores de diferente constitución

genética, y es una característica que esta primera generación sea heterocigota para los genes en que difieren los progenitores.

De la Loma (1965), manifiesta que en la mayoría de los casos un híbrido es más notable, es más vigoroso que los individuos que lo originaron, este fenómeno es conocido en genética como vigor híbrido o heterosis, que resulta de un estímulo fisiológico producido por la unión de gametos diferentes. La creencia generalizada actualmente, supone que la heterosis se debe a la acumulación de factores dominantes en el cigote y sobre todo; a la combinación en él, de genes complementarios.

Brauer (1980), menciona que en plantas alógamas, una población panmítica tiene la tendencia a mantener en equilibrio su constitución genética, y cada uno de los individuos que constituyen tal población es un híbrido diferente a cualquier otro de la misma población, y por consecuencia, cada uno tiene diferente grado de heterosis y así mismo diferente capacidad de rendimiento.

Cordova (1980), indica que, para que un programa de formación de híbridos tenga éxito se debe coordinar eficientemente tres funciones: la variabilidad genética de los progenitores, una metodología eficiente y el criterio del fitomejorador para identificar genotipos superiores para lograr sus mejores combinaciones.

CIMMYT (1987), menciona que la hibridación es una de los métodos de mejoramiento genético con mayor eficiencia en la producción de maíz, puesto que los resultados obtenidos en ciertas condiciones, reflejan un incremento marcado en productividad sobre los niveles de rendimiento de las variedades de polinización libre, debido a que se explota directamente el fenómeno conocido como vigor híbrido o heterosis.

Heterosis

Robles (1982) y Brondo (1986), mencionan que la heterosis o vigor híbrido es un fenómeno opuesto a la consanguinidad o depresión endogámica, el cual se manifiesta en la F_1 como aumento en rendimiento y en caracteres agronómicos producto de la hibridación de estas características será mayor mientras más grande sea la diversidad genética de los progenitores, hasta cierto punto, pues existe un óptimo en dicha diversidad genética.

Poehlman (1965), define el vigor híbrido o heterosis como el incremento en tamaño o en vigor de un híbrido con respecto a sus progenitores, y esto es explicado en las siguientes teorías:

1.- Teoría de la Dominancia; nos dice que el vigor es el resultado de reunir genes dominantes favorables. Esta teoría es la más aceptada, debido a los genes dominantes aportados por el otro progenitor, así la F_1 tendrá una combinación mayor de genes dominantes que cualquiera de sus progenitores.

2.- Teoría de la Sobredominancia; explica que el vigor híbrido es debido a que la heterocigocidad es superior a la homocigocidad, por lo tanto el individuo más vigoroso es aquel que tiene alelos heterocigóticos.

Crees (1966), indica que para que se manifieste la heterosis, es condición necesaria la diversidad genética entre los progenitores. Esto significa que la existencia de la diversidad genética ocasiona la heterosis, pero si esta última no se observa, no necesariamente es falta de diversidad genética.

De León (1981), al evaluar híbridos de maíz, formados a partir de progenitores con diferentes características agronómicas, originadas por un lado de un progenitor normal y por el otro de un progenitor raquítrico, confirmó que por sus diferencias morfológicas, así como por la composición genética, la heterosis se manifiesta.

Allard (1967), menciona que la heterosis o vigor híbrido puede ser considerado el fenómeno inverso de la degradación que acompaña a la consanguinidad o endogamia. El efecto de heterosis en algunos casos híbridos se ve afectada de diferentes maneras; como un aumento del tamaño de la planta, madurez más temprana, mayor productividad, resistencia a plagas y enfermedades.

Crow (1984), describe a la heterosis como una ventaja selectiva del heterocigote sobre el homocigote.

Jugenheimer (1981), describe a la heterosis como el fenómeno en el cual el cruzamiento de dos variedades producen un híbrido que es superior en cruzamientos, tamaño, rendimiento o en vigor híbrido.

Se han desarrollado dos hipótesis para explicar el fenómeno de la heterosis:

a).- Hipótesis de Dominancia:

Propuesta por Daven (1908), Bruce (1910) y Keeble y Pellew (1910), que se basa en que los espacios de polinización libre constan de gran numero de individuos genéticamente diferentes, y entre ellos, muchos son portadores de genes deletéreos, expresan algunas características indeseables como menor capacidad de adaptación, ocasionada por una perdida de vigor (Depresión Endogamica), como consecuencia del cruzamiento entre individuos emparentados, que conduce en menor tiempo a la homocigosis. Si los individuos homocigóticos (líneas puras) se cruzan, sus híbridos muestran una condición heterocigotica para sus respectivos genes recesivos deletéreos, lo que se traduce en un mayor vigor o heterosis con respecto al progenitor superior.

b).- Hipótesis de la Sobredominancia:

Shull y East (1908), propusieron esta hipótesis, cada uno en forma independiente, sugirieron que existe un estímulo fisiológico del desarrollo que aumenta con la diversidad de los gametos que se unen, es decir, que la condición heterocigótica Aa es superior a las condiciones homocigóticas AA y aa, aumentándose la heterosis en proporción a la homocigosis, heterosis de genes simples, acción acumulativa de genes divergentes y estímulo de alelos divergentes.

Estas dos hipótesis conducen a los mismos resultados esperados y la pérdida de vigor es proporcional a la disminución de la heterocigosis.

Guzmán (1988), menciona que existen diferentes términos relacionados con el vigor o heterosis:

Heterosis Forzada: término que indica el mantenimiento de organismos heterocigotes, ya que son la única forma viable pues algunos de los homocigotos son letales.

Heterosis Monogénica: el vigor híbrido está condicionado por la acción de un solo par de genes.

Cis-heterosis; la F_1 manifiesta menor vigor que los progenitores.

Trans-heterosis; la F_1 manifiesta mayor vigor que los progenitores.

Ville (1974), nos dice que la descendencia del apareamiento de individuos de razas no relacionadas, frecuentemente esta mucho mejor adaptadas para la supervivencia que uno u otro de los progenitores, a este fenómeno se le ha denominado heterosis.

Guzman (1987), define que la heterobeltiosis es el resultado de comparar las características de la generación F_1 con el progenitor superior y siempre que la F_1 sea superior a ese progenitor será considerada como un efecto de heterobeltiosis.

Probadores

Márquez (1988), define a un probador dependiendo del tipo de mejoramiento, si es selección recurrente el probador más adecuado parece ser una línea de bajo rendimiento que la población original, y si es, hibridación el mejor probador es una línea de alto rendimiento o de menor rendimiento no emparentado.

Chavez y López (1977), define a un probador como cualquier material genético que permite medir la aptitud combinatoria de un grupo de líneas en el cual se cruzan. De acuerdo con la definición se tiene dos tipos de probadores:

a).- Cruzas de mestizos: Cuando se usa como probador un material de amplia base genética como cruzas dobles, sintéticos, etc.

b).- Cruzas de prueba: Cuando el probador usado es de reducida base genética como una línea o una cruce simple.

También citan que una línea probadora es aquella línea que sirve para probar las características hereditarias de otras líneas donde su constitución genética debe ser tal, que no encubra los caracteres de prueba.

El tipo de probador que debe usarse para la evaluación de líneas puras debe dar información base de un programa de hibridación y depende, principalmente, de lo que se quiera detectar, ya sea aptitud combinatoria general o específica. Además, el probador debe seleccionarse por su capacidad para formar grupos o clases de las líneas (Jugenheimer, 1981)

Horner (1963) y Duran (1988), reportan que para evaluar líneas en niveles bajos de endogamia es efectivo o bueno usar como probador una línea.

Hallauer (1975), reporta que el probador más adecuado debe tener simplicidad en su uso y que maximice las ganancias por selección.

Peterson (1976), menciona que la buena selección de las líneas va a depender del tipo de probador que se use, asimismo, demuestra que una línea pura es efectiva para seleccionar para ACE.

Reyes (1979), Paz (1973), Thomson y Rawlings (1960), al realizar sus estudios encontraron que el mejor probador para ACE es una variedad de bajo rendimiento

López (1986), Duran (1989), Grogar y Zuber (1957) al realizar estudios de aptitud combinatoria, concluyen que no se deben usar como probadores, materiales parentales

Tzul (1989), demostró que la selección de líneas a nivel S_2 fue efectiva utilizando como probador una cruza simple, lo cual permitió una buena selección.

Aptitud Combinatoria

Sprague y Tatum (1942), definen la aptitud combinatoria general como el comportamiento medio de una determinada línea en una serie de combinaciones híbridas, es decir, la cuantificación de los efectos genéticos de acción aditiva y la aptitud combinatoria específica como el comportamiento de una línea determinada en una cruza específica, o sea, la cuantificación de genes con acción de dominancia.

Castro (1964), indica que la aptitud combinatoria es el efecto que una línea hereda a sus progenitores en promedio de muchas cruzas.

A la habilidad combinatoria se le define como el efecto promedio que una línea imparte a sus cruzas, pero medida como desviación de la media general. La ACE es el resultado del efecto conjunto de dos líneas en particular y a diferencia de la ACG, la ACE es medida como desviación de la suma de la media general más las habilidades combinatorias de los progenitores, esto viene siendo en las cruzas y no en las líneas.

Poehlman (1979), dice que la aptitud combinatoria es la capacidad de una línea para transmitir productividad conveniente a su progenie híbrida. Además menciona que el comportamiento medio de una determinada línea en una serie de combinaciones híbridas se le denomina ACG. La ACE se refiere al comportamiento de una combinación de dos líneas específicas en una determinada cruce.

Sprague y Tatum (1942) dividieron la acción génica en lo que se refiere a la aptitud combinatoria en dos categorías: General y Específica.

La ACG, se mide como si fuera debido fundamentalmente a la acción génica aditiva.

La ACE, incluye todos los factores que no pueda involucrar el esquema aditivo. Estos pueden ser el resultado de la dominancia, epistasis, interacción genotipo-medio ambiente, etc. Definieron a la ACG, como la media de la actuación de las líneas en combinaciones híbridas y ACE como las

desviaciones de ciertas cruzas de lo esperado, sobre la base del promedio de las líneas progenitoras involucradas.

Brauer (1980), manifiesta que la capacidad de combinación de un solo progenitor con muchos otros, se le conoce como ACG y a la ACE se le define como la capacidad individual de combinación de un progenitor con otro. Además, menciona que se han hecho investigaciones para observar si con líneas de pocas autofecundaciones se puede evaluar la aptitud combinatoria.

Allard (1967), señala que la ACG es el comportamiento de una raza en una serie de cruzamiento y se utiliza para seleccionar las líneas puras teóricamente mejores. La desviación del comportamiento preconizado tomando como base la ACG, a éste le denomino ACE.

Jugenheimer (1981), nos dice que la ACG es el comportamiento de una línea pura en algunas combinaciones híbridas y que proporciona información sobre que líneas puras debe producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas.

La ACE es el comportamiento individual de una línea pura en una combinación híbrida específica.

Shull (1909), En base a la metodología propuesta por él, para la obtención de semilla comercial de híbridos, se iniciaron gran cantidad de

programas de mejoramiento en los que es común derivar gran cantidad de líneas, pues esta fase es muy sencilla, el problema es identificar las líneas que produzcan combinaciones superiores.

Gilbert (1958), menciona que una cruce dialélica consiste en todas las cruces posibles entre un número de variedades; el efecto principal es la ACG o componente genético aditivo.

Ross, *et al.* (1979), colectaron datos de dos experimentos de sorgo forrajero en lo que se refiere a días a floración, altura de planta, producción de forraje, porcentaje de materia seca (DM), porcentaje de proteína y desaparecimiento de materia seca *in vitro* (IVDM). Las proporciones genéticas indicaron que la ACG fue relativamente alta para días a floración, altura, DM y producción de forraje. La ACE fue más importante para porcentaje de proteína.

En sorgo, Kambal y Webster (1965), encontraron que para días a floración, la ACG fue más estable que la ACE a través de años, la varianza para ACG en hembras, fue mayor que la de machos y éstas fueron bastante grandes en comparación con la varianza para ACE. También encontraron mayor importancia del efecto de ACG contra el de ACE en este caso la menor varianza de hembras posiblemente se deba a que las hembras usadas tienen un origen semejante.

Kirby y Atkins (1968), no encontraron significancia para la varianza de ACG de machos, siendo significativa la ACG de hembras y ACE; en sorgo.

Smith y Lambert (1968), consideran que el conocimiento de los sistemas genéticos que controlan a un carácter determinado es de considerable importancia, pues las predicciones en base al comportamiento de un carácter controlado por un sistema aditivo, se espera que sean más confiables que las predicciones de caracteres controlados por sistemas no aditivos. En general la información sobre los tipos de acción génica en cereales de grano pequeño, para rendimiento y componentes de rendimiento es muy limitada. Sin embargo, algunos investigadores reportan que las estimaciones de AC en cereales, están demostrando que una gran parte de la varianza genética total para rendimiento y otros caracteres agronómicos esta asociada a la ACG y por lo tanto del tipo aditivo.

Davis(1927), propuso, por primera vez, que la aptitud combinatoria de las líneas autofecundadas de maíz podía estimarse mediante el comportamiento de sus cruzas con un probador común.

Hayes e Immer(1940), en un estudio de aptitud combinatoria, utilizando líneas de baja y alta AC, demuestran que los cruzamientos que resultaban de las combinaciones de baja por alta y alta por alta aptitud combinatoria rendían más que aquellos cruzamientos de baja aptitud combinatoria.

Hull(1945), propuso que la selección recurrente para determinar ACE, basado en la selección de progenies con una línea homocigóta como probador, su objetivo era desarrollar líneas que combinaran bien como probador en poblaciones heterogéneas y posteriormente formar cruza, de acuerdo a su aptitud combinatoria.

Sprague *et al.*(1959), demuestran que la selección recurrente es un método de mejoramiento por el cual se puede medir la ACE de un grupo de líneas, obteniendo una buena discriminación de las mismas.

MATERIALES Y METODOS

Material Genético

Para la realización del presente trabajo se utilizaron 5 líneas Androesteriles (líneas A) y 5 Líneas Restauradoras (líneas R) del programa de sorgo de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” con las cuales se efectuó un dialélico para producir 25 híbridos experimentales.

Las líneas utilizadas fueron las siguientes:

Líneas Androesteriles	Líneas Restauradoras
AN34	IA9
AN35	IA28
AN39	IA52
IA36	IA57
A2	RTX433

Los híbridos experimentales evaluados incluyendo 5 testigos comerciales son los que a continuación se mencionan.

Tratamientos	Genealogía
1	AN34 x IA9
2	AN34 x IA28
3	AN34 x IA52

4	AN34 x IA57
5	AN34 x RTX433
6	PIONEER 8313 (T)
7	AN35 x IA9
8	AN35 x IA28
9	AN35 x IA52
10	AN35 x IA57
11	AN35 x RTX433
12	MASTER 911 (T)
13	AN39 x IA9
14	AN39 x IA28
15	AN39 x IA52
16	AN39 x IA57
17	AN39 x RTX433
18	MARFIL (T)
19	IA36 x IA9
20	IA36 x IA28
21	IA36 x IA52
22	IA36 x IA57
23	IA36 x RTX433
24	ASGROW OSAGE (T)
25	A2 x IA9
26	A2 x IA28
27	A2 x IA52
28	A2 x IA57
29	A2 x RTX433
30	DEKALB D-65 (T)

Ambientes de Prueba

Reynosa, Tamaulipas

Esta localidad se encuentra bajo las siguientes coordenadas geográficas $98^{\circ} 17'$ longitud Oeste y $26^{\circ} 06'$ latitud Norte, cuenta con una altitud de 34 m.s.n.m y con una precipitación media anual de 400–500mm.

Su clima es seco estepario muy cálido con un régimen de lluvias de verano importantes para siembra del ciclo tardío las temperaturas los meses de Mayo a Agosto llegan a alcanzar hasta 40° , mientras que en invierno las temperaturas se encuentran una media de 18° c.

Se distinguen con facilidad tres tipos de suelos que son: suelo cambisol calcárico, suelo xerosol, xerosol cálcico y xerosol calcárico. Suelo litosol estos suelos son aptos para la agricultura y la ganadería, pero principalmente se utilizan para la agricultura.

Zaragoza, Coahuila

Esta localidad se encuentra bajo las siguientes coordenadas geográficas $100^{\circ} 55'$ longitud Oeste y $28^{\circ} 28'$ latitud Norte con una altura de 360 m.s.n.m y

con una temperatura media anual que fluctúa entre 22 a 24⁰ c, una precipitación media anual que fluctúa entre 300–500mm.

Su clima que registra tipos de climas semisecos templados y climas secos semicálidos, lluvias durante los meses de Abril a Noviembre y escasas el resto del año.

Los suelos se distinguen en cuatro tipos de suelos que son: xerosol color claro y pobre en materia seca; litosol , rendzina tiene materia rica en la capa superficial; yermosol tiene una capa color claro y muy pobre en materia orgánica

Celaya, Guanajuato

Esta localidad se encuentra bajo las siguientes coordenadas de 100⁰ 49´ longitud Oeste y 20⁰ 31´ latitud Norte, con una altura de 1752 m.s.n.m y una temperatura media anual de 18.8⁰ c, con una precipitación media anual de 683mm. Su clima es templado.

Los suelos son ígneos en su mayoría, de origen aluvial, con profundidades de más de cincuenta centímetros, color gris oscuro textura arcillosa, con drenaje interno lento una rocosidad de 2 por ciento y un PH de 8

Establecimiento y Manejo de los Experimentos

Preparación del Terreno

Para cada una de las localidades en estudio, se efectuaron labores de preparación de terreno que consistieron en barbecho, dos rastras y surcado, esto con el propósito de tener las condiciones adecuadas de terreno para una buena germinación.

Siembra

La siembra se realizó en forma manual (a chorrillo) depositando la misma cantidad de semilla por tratamientos; 6 gramos por cada 5 mts para obtener una densidad de aproximadamente 25 kg./ha de semilla. La distancia entre surco fue de 0.80mts y la longitud de la parcela fue de 5.0mts.

La fecha de siembra fue:

5 de marzo de 1999	Reynosa, Tamaulipas
21 de abril de 1999	Zaragoza, Coahuila
24 de abril de 1999	Celaya, Guanajuato

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con 3 repeticiones para cada localidad.

Fertilización

La formula de fertilización utilizada para todas las localidades fue 160–80–00; efectuando la aplicación en dos épocas; la primera al momento de la siembra, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo y la segunda al momento del segundo cultivo aplicándose el resto del nitrógeno.

Labores Culturales

Estas actividades se llevaron a cabo durante todo el ciclo vegetativo dando prioridad a las primeras etapas de desarrollo del cultivo, realizando deshierbes en forma manual y mecánica para dejar libre de malezas al cultivo aplicando oportunamente los insecticidas.

Toma de Datos de Campo

Altura de planta

Distancia medida desde la superficie del surco hasta el ápice de la panoja, expresada en centímetros.

Excercion

Distancia que hay a partir de la base de la hoja bandera hasta la base de la panoja, expresada en centímetros.

Longitud de panoja

Medida tomada desde la base al ápice de la panoja, expresada en centímetros.

Rendimiento

Se cosecharon y desgranaron todas las panojas de la parcela útil, que constó de un surco de tres metros de longitud por tratamiento procediendo a registrar su peso; posteriormente se multiplico por un factor de conversión para determinar su peso en tons/ha de acuerdo a la siguiente formula.

$$R.T.H. = P.P.U. \times F.C$$

$$F.C. = \frac{10000 \text{ m}^2}{A.P.U}$$

DONDE:

R.T.H = Rendimiento en toneladas por hectáreas.

P.P.U =Peso de parcela útil

F.C = Factor de conversión

10000 m² = Area total de una hectárea.

A.P.U = Area de parcela útil.

Análisis Estadístico

Con el propósito de detectar diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio para cada una de las localidades se efectuaron análisis de varianza individuales bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + B_j + E_{ij}$$

DONDE:

Y_{ij} = Valor de i-j ésima observación

μ = Media general

t_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

B_j = Efecto del j-ésima repetición

E_{ij} = Efecto del error experimental

Cuadro 3.1 Análisis de varianza individual para un diseño de bloques al azar

Fuentes de variación	g.l	S.C	C.M.	F.C
Bloques	$r - 1$	$\sum_{j=1}^r \frac{y^2 \cdot j}{t} - \frac{y^2 \cdot \cdot}{tr}$	$\frac{S.C.r}{r-1}$	$\frac{C.M.r}{C.M.E.E.}$
Tratamientos	$t-1$	$\sum_{i=1}^t \frac{y^2 \cdot i}{r} - \frac{y^2 \cdot \cdot}{tr}$	$\frac{S.C.t}{t-1}$	$\frac{C.M.t}{C.M.E.E.}$
Error Experimental	$(r-1)(t-1)$	$S.C \text{ tot.} - (S.C.r. + S.C.t)$	$\frac{S.C. \text{ tot.}}{(R-1)(t-1)}$	
Total	$rt - 1$	$\sum_{ij}^{tr} y^2_{ij} - \frac{y^2 \cdot \cdot}{tr}$		

Con el propósito de estimar diferencias entre localidades, así como la interacción entre genotipos y medio ambiente, se efectuó un análisis de varianza combinado bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + l_i + B_{ij} + t_k + l_{tik} + E_{ijk}$$

DONDE:

Y_{ijk} = Valor de la variable de respuesta

μ = Media general

l_i = Efecto de la i-ésima localidad

B_{ij} = Efecto del j-ésimo bloque dentro de la i-ésima localidad

t_k = Efecto del k-ésimo tratamiento

L_{tik} = Interacción del k-ésimo tratamiento en la i-ésima localidad

E_{ijk} = Error experimental

Cuadro 3.2 Análisis de varianza combinado para un diseño de bloques al azar

F,V	g.l	S.C	C.M.
Localidades (loc.)	(l-1)	$\sum_{i=1}^L \frac{y_{i..}^2}{rt} - \frac{y^2...}{rtl}$	$\frac{S.C.L}{g.l}$
Bloques dentro de localidades	(r-1)l	$\sum_{ij}^{lr} \frac{y_{ij}^2}{t} - \sum_{i=1}^l \frac{y_{i..}^2}{rt}$	$\frac{S.C.BD}{g.l}$
Tratamientos (trat)	(r-1)l	$\sum_{k=1}^t \frac{y_{..k}^2}{rl} - \frac{y^2...}{rtl}$	$\frac{S.C.T}{g.l}$
Tratamiento x localidad	(t-1)(l-1)	$\sum_{ik}^{lt} \frac{y_{ik}^2}{r} - \sum_{i=1}^l \frac{y_{i..}^2}{rt} - \sum_{k=1}^t \frac{y_{..k}^2}{rl} - \frac{y^2...}{rtl}$	$\frac{S.C.TxL}{g.l}$
Error	L(r-1)(t-1)	$\sum_{ijk} y^2_{ijk} - \frac{y^2...}{rtl} - S.C.L - S.C.BDL - S.C.T - S.C.TxL.$	$\frac{S.C.E}{g.l}$
Total	rtl-1	$\sum_{ijk} y^2_{ijk} - \frac{y^2...}{rtl}$	

El coeficiente de variación se estimo para conocer la eficiencia en la conducción del experimento, lo cual se calculo para cada una de las variables en estudio mediante la siguiente formula:

$$C.V = \sqrt{\frac{C.M.E.E \times 100}{X}}$$

DONDE:

C.V = Coeficiente de variación

C.M.E.E = Cuadrado medio del error experimental

$\bar{X}$ = Media general

Posteriormente para cada una de las características, se efectuó la comparación múltiple de medias (D.M.S) para cada localidad mediante la siguiente formula:

$$D.M.S = t_{\alpha/2 \text{ g.l. E.E}} \cdot \frac{\sqrt{2CMEE}}{r}$$

Y la formula usada para la comparación múltiple de medias del análisis combinado:

$$D.M.S = t_{\alpha/2 \text{ g.l E.E}} \cdot \frac{\sqrt{2CMEE}}{rl}$$

DONDE:

$t_{\alpha/2}$ = Nivel de significancia

g.l.E.E = Grados de libertad del error experimental

C.M.E.E= Cuadrado medio del error experimental

R= Repeticiones

L= Localidades

Esquema de Apareamiento

Machos

Hembras

g_1	g_2	g_j	g_h
G_{111}	G_{121}	G_{1j1}	G_{1h1}
G_{112}	G_{122}	G_{1j2}	G_{1h2}
G_{11K}	G_{12K}	G_{1jK}	G_{1hK}
G_{211}	G_{221}	G_{2j1}	G_{2h1}
G_{212}	G_{222}	G_{2j2}	G_{2h2}
G_{21K}	G_{22K}	G_{2jK}	G_{2hK}
G_{I11}	G_{I21}	G_{Ij1}	G_{Ih1}
G_{I12}	G_{I22}	G_{Ij2}	G_{Ih2}
G_{I1K}	G_{I2K}	G_{IjK}	G_{IhK}
G_{m11}	G_{m21}	G_{mj1}	G_{mh1}
G_{m12}	G_{m22}	G_{mj2}	G_{mh2}
G_{m1k}	G_{m2K}	G_{mjk}	G_{mhK}

En este esquema, como todas las hembras se cruzan con todos los machos, y viceversa, se pueden medir las diferencias de cada hembra en sus cruza con todos los machos y viceversa.

Estimación de Aptitud Combinatorias

Con el propósito de determinar el comportamiento de las líneas, en cuanto a la variable rendimiento; se estimó la ACG y ACE mediante las siguientes formulas:

$$\text{Hembras } g_i = \frac{X_{i..}}{Tr} - \frac{X_{....}}{etr} \qquad \text{Machos } g_i = \frac{X_{.j}}{lr} - \frac{X_{...}}{etr}$$

DONDE:

G_i = Estimación de efecto de ACG

L = n de hembras

T = n de machos

R = n de repeticiones

$$S_{ij} = \frac{X_{ij...}}{r} - \frac{X_{iL...}}{tr} - \frac{X_{.j.}}{lr} - \frac{X_{...}}{ltr}$$

DONDE:

G_i = Estimación de efecto de ACG

S_{ij} = Estimación de efecto de ACE

L = n de hembras

T = n de machos

R = n de repeticiones

RESULTADOS Y DISCUSION

Con el propósito de obtener una mejor interpretación de resultados, relacionados con los análisis de varianza; en este trabajo se discutieron en primer lugar los análisis individuales y posteriormente los análisis combinados, para observar su comportamiento en forma conjunta.

Análisis Individuales

Zaragoza,Coahuila.

En el cuadro 4.1, se presenta la concentración de los cuadrados medios de las variables evaluadas, en donde se puede observar que existen diferencias altamente significativas en los tratamientos para las características: altura de planta, tamaño de panoja, excercion y rendimiento, lo que significa que existe un comportamiento diferencial de los materiales debido a las diferencias genotípicas existentes entre los diversos híbridos probados.

Los coeficientes de variación encontrados para cada una de las variables en estudio indican la confiabilidad de los datos en el experimento, sin embargo, la excercion presenta un coeficiente de variación de 67.67%. que podría ser

Cuadro 4.1 Cuadrados medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en Zaragoza Coahuila

F.V	G.L	ALTURA DE PLANTA (cm)	LONGITUD DE PANOJA (cm)	EXCERCION (cm)	RENDIMIENTO (kg./ha)
Rep.	2	644.32	28.23	117.48	14640
Trat	29	480.86**	17.72**	34.99**	5908175.50**
E.E	58	54.95	8.54	13.63	157367.17
C.V		6.28%	10.96%	67.67%	8.48%

NS= No significancia

** = Altamente significativo

• = Significativo

explicado en función al numero de datos obtenidos de cada una de las parcelas experimentales, ya que esta constó solamente de una muestra de 10 observaciones (10 panojas) y las diferencias existentes en la excercion de las plantas de cada parcela fue muy variable, existiendo algunas plantas que no mostraron excercion y otras con una gran excercion; lo que indica que para características controladas por factores cuantitativos es necesario aumentar el tamaño de la muestra.

En el cuadro 4.2, se presentan las medias de las características evaluadas, en donde podemos observar que para la variable rendimiento, tres híbridos experimentales: A2 X IA28, AN35 X IA28 y AN34 X IA28 alcanzaron rendimientos experimentales de 6741.7 kg./ha, 6493.3 kg./ha y 6180.0 kg./ha respectivamente, compitiendo con los mejores testigos comerciales DEKALB D-65 que obtuvo un rendimiento de 6175.0 kg./ha y MASTER 911 con un rendimiento de 6165 kg./ha. En los rendimientos más bajos y estadísticamente iguales al 95% de probabilidad (Cuadro A₁ del apéndice) se encuentran 7

híbridos experimentales con rendimiento desde 2756.7 kg./ha para el híbrido AN34 X IA57 hasta el cruzamiento IA36 X IA57 con 2226.7 kg./ha.

Podemos observar que las mejores combinaciones experimentales que ocupan los primeros lugares en rendimiento tienen como progenitor macho común a la línea restauradora IA28 y que las combinaciones híbridas que incluyen a la línea AN34 y IA36 ocupan los últimos lugares en rendimiento en sus diferentes combinaciones.

Si comparamos el híbrido experimental A2 X IA28 contra la media de los testigos (5675.34 kg./ha) observaremos que lo supera con mas de una tonelada y casi con dos toneladas/ha a la media general.

En lo que respecta a las otras características podemos observar que los tres primeros híbridos experimentales muestran una altura menor que las 2 mejores testigos DEKALB D-65 y MASTER 911, con valores muy cercanos a la media general (125.14cms), para la variable excercion el híbrido IA36 X IA28 es el que presenta el mayor valor con 11.7cms. mientras que hay 3 materiales que no presentan excercion siendo uno de ellos el testigo OSAGE. El rango para longitud de panoja se encuentra entre 23.0cms y 32.0cms que comprende a los híbridos A2 X IA28 y MASTER 911 respectivamente. Los materiales que ocupan los primeros lugares en rendimiento presentan valores de longitud de panoja superiores a la media general (26.67 cm), a excepción de la cruza A2 X IA28, que presenta un tamaño de 23.0 cm, ocupando el primer lugar en

rendimiento debido tal vez al valor de otras características compensatorias como de grano por panoja, densidad de grano etc.

Cuadro 4.2 Valores medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en la localidad de Zaragoza Coahuila

Genealogía	Rendimiento	A.P	Excercion	L.P
A2 X IA28	6741.7	124.3	4.0	23.0
AN35 X IA28	6493.3	131.0	8.3	27.7
AN34 X IA28	6180.0	125.7	1.7	29.7
DEKALB D-65	6175.0	134.0	1.7	27.7
MASTER 911	6165.0	132.0	5.3	32.0
AN39 X IA28	6101.7	128.0	2.7	30.3
ASGROW OSAGE	5896.7	115.0	0.0	28.0
IA36 X IA28	5790.0	114.3	11.7	24.0
A2 X IA9	5511.7	102.7	3.7	25.3
A2 X RTX433	5461.7	119.3	9.0	25.7
AN35 X IA57	5436.7	117.7	8.3	25.7
MARFIL	5366.7	127.7	0.3	27.7
A2 X IA57	5210.0	105.7	6.3	28.3
AN39 X RTX433	5153.3	147.0	6.3	23.7
AN35 X RTX433	5051.7	131.3	7.0	25.7
A2 X IA52	5026.7	102.0	10.0	25.7
AN35 X IA52	4861.7	120.3	6.7	30.3
AN39 X IA57	4826.7	122.0	10.7	25.0
PIONEER 8313	4773.3	117.0	5.0	31.3
AN39 X IA52	4578.3	108.3	5.0	25.7
AN35 X IA9	4336.7	99.0	0.0	25.0
AN39 X IA9	4318.3	123.7	0.0	23.0
AN34 X IA9	3225.0	101.7	1.3	25.3
AN34 X IA57	2756.7	98.7	5.0	27.3
AN34 X RTX433	2746.7	111.7	4.0	29.3
IA36 X RTX433	2655.0	141.3	8.7	26.0
IA36 X IA52	2536.7	115.0	9.3	25.7
AN34 X IA52	2405.0	106.3	7.0	23.3
IA36 X IA9	2383.3	108.0	5.7	26.0
IA36 X IA57	2226.7	109.7	9.0	26.7
Media general	4681.73	117.91	5.45	26.67
Media de testigos	5675.34	125.14	2.46	29.34

A.P.= Altura de planta (cm)
EXC.= Excercion (cm)

L.P.= Longitud de panoja (cm)
R.= Rendimiento (kg./ha)

Reynosa, Tamaulipas.

Los cuadrados medios (cuadro 4.3) para esta localidad muestran diferencias altamente significativas para la variable altura de planta, excercion y rendimiento, lo que indica un comportamiento diferente de estas características en los híbridos evaluados en esta localidad. La variable longitud de panoja fue no significativa, lo que quiere decir que esta variable tuvo un comportamiento muy similar en todos los tratamientos en estudio.

En lo que respecta a los coeficientes de variación, esto se considera bajos para todas las variables, por lo que los datos obtenidos muestran una alta confiabilidad.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en Reynosa Tamaulipas.

F.V	G.L	ALTURA DE PLANTA (cm)	LONGITUD DE PANOJA (cm)	EXCERCION (cm)	RENDIMIENTO (kg./ha)
Rep.	2	3.31 _{NS}	24.34 ^{**}	0.30 _{NS}	12608.00 _{NS}
Trat	29	549.22 ^{**}	13.85 _{NS}	53.92 ^{**}	2904125.75 ^{**}
E.E	58	18.81	8.70	4.87	29466.48
C.V		3.68%	11.41%	20.76%	4.17%

NS= No Significancia

^{**} = Altamente significativo

* = Significativo

Los valores medios para las características evaluadas se presentan en el cuadro 4.4, donde podemos observar que para esta localidad el mejor testigo para la variable rendimiento fue el MASTER 911 con un promedio de 4996.3 kg./ha, siendo superado por siete híbridos experimentales, en donde 2 de ellos:

A2 X IA28 con una media de rendimiento de 5328.0 kg./ha y el AN34 X IA28 con 5128.3 kg./ha los cuales ocupan los lugares tercero y cuarto respectivamente en el cuadro de medias y son también las mismas cruzas que aparecen en los primeros lugares en la localidad de Zaragoza, Coah. (cuadro 4.2).

Los híbridos experimentales que alcanzaron los valores medios más altos en rendimiento fueron: AN39 X IA57 con 5815.0 kg./ha y AN35 X RTX433 con 5560.3 kg./ha. Este último con buen comportamiento en la localidad de Celaya Gto. (Cuadro 4.6). Los híbridos de menor rendimiento que se encuentran colocados en los últimos cinco lugares de la tabla, corresponde a los híbridos IA36 X IA52 (3053.0 kg./ha), IA36 X IA57 (3031.0 kg./ha), AN34 X IA9 (2641.0 kg./ha), DEKALB D-65 (2276.7 kg./ha) y IA36 X IA9 (2220.0 kg./ha) observamos que al igual que en la localidad de Zaragoza, Coah. (Cuadro 4.2), estas combinaciones híbridas incluyen las líneas progenitoras hembras AN34 y AN36.

Para la variable altura de planta el rango fue de 56.7cm, correspondiendo el valor más alto a la craza IA36 X IA52 con 149.7 cm y la más baja fue presentada por el híbrido AN34 X IA9 con 93.0 cm. La combinación AN39 X IA57 que fue la más rendidora presenta una altura de 137.7 cm, superando con 20.16 cm a la media general (117.56 cm). Sin embargo se considera que esta altura es adecuada, ya que no presenta ninguna dificultad al momento de la trilla.

La excercion que presenta los híbridos experimentales superiores en rendimiento presentan valores más altos que dos testigos comerciales el ,MASTER 911 con 7.0 cm y DEKALB D-65 con 4.0cm y valores muy cercanos a la media general (10.77 cm); a excepción de las cruzas AN39 X IA57 con 9.0 cm y AN34 X IA28 con 7.7 cm; los cuales se consideran aceptables.

En lo que respecta a longitud de panoja; considerando esta como un componente de rendimiento; la media general de esta localidad (25.77 cm), es inferior a la que se presenta a la localidad de Zaragoza,Coah. (26.67 cm) y los híbridos A2 X IA28 y AN34 X IA28, presentan una longitud menor en Reynosa Tamps. Que en Zaragoza,Coah., lo que podría explicar en parte su mayor rendimiento en esta ultima localidad.

Cuadro 4.4 Valores medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en la localidad de Reynosa Tamaulipas

Genealogía	Rendimiento	A.P	Excercion	L.P
AN39 X IA57	5815.0	137.7	9.0	24.7
AN35 X RTX433	5560.3	106.3	13.3	27.0
A2 X IA28	5328.0	131.3	21.3	22.3
AN34 X IA28	5128.3	110.3	7.7	29.3
IA36 X IA28	5100.3	131.3	13.3	23.7
AN34 X IA57	5075.0	100.3	10.7	26.0
A2 X IA9	5062.0	111.3	14.0	26.0
MASTER 911	4996.3	113.3	7.0	29.7
AN35 X IA57	4966.7	139.3	9.7	26.7
AN39 X RTX433	4782.3	110.3	4.7	23.0
AN39 X IA28	4714.0	129.0	10.3	27.6
AN39 X IA52	4626.3	140.3	15.0	24.3
PIONEER 8313	4558.6	107.3	13.3	29.7
A2 X IA52	4414.3	129.7	18.3	24.7
IA36 X RTX433	4357.3	112.3	6.7	24.3
A2 X IA57	4146.3	120.7	14.3	29.3

AN39 X IA9	3954.3	111.0	11.0	23.7
MARFIL	3778.7	118.0	13.0	25.7
ASGROW OSAGE	3763.7	120.7	16.3	26.0
A2 X RTX433	3593.3	112.3	10.3	25.7
AN34 X IA57	3531.0	100.3	10.7	26.0
AN35 X IA28	3397.3	116.3	6.0	26.3
AN34 X RTX433	3300.7	127.7	7.7	27.6
AN34 X IA52	3296.7	100.3	10.0	24.0
AN35 X IA9	3148.7	111.7	6.3	27.0
IA36 X IA52	3053.0	149.7	12.7	25.3
IA36 X IA57	3031.0	122.0	5.3	24.3
AN34 X IA9	2641.0	93.0	7.3	25.7
DEKALB D-65	2276.7	106.7	4.0	26.3
IA36 X IA9	2220.0	106.3	14.0	21.3
Media general	4120.57	117.56	10.77	25.77
Media de testigos	3874.8	113.2	10.72	27.48

A.P.= Altura de planta (cm)

L.P.= Longitud de panoja (cm)

EXC.= Excercion (cm)

R.= Rendimiento (kg./ha)

Celaya, Guanajuato

Los resultados de los cuadrados medios para las variables estudiadas en esta localidad se presentan en el Cuadro 4.5 en donde se observa diferencias altamente significativas para todas las variables en estudio, con aceptables coeficientes de variación; solamente el tamaño de panoja mostró un coeficiente de variación alto (33.92 %) comparados con las otras localidades pudiendo ser debido a errores de muestreo, o bien a diferencias de ambientes (terreno) en donde quedaron establecidos los tratamientos.

Cuadro 4.5 Cuadrados medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en Celaya Guanajuato.

F.V	G.L	ALTURA DE PLANTA (cm)	LONGITUD DE PANOJA (cm)	EXCERCION (cm)	RENDIMIENTO (kg./ha)
Rep.	2	204.00**	2.10 _{NS}	70.57**	276224.00 _{NS}
Trat	29	477.85**	15.57**	41.88**	7898809.50**
E.E	58	40.76	4.20	15.54	338401.10
C.V		5.38%	33.92%	8.29%	11.38%

NS= No Significancia

** = Altamente significativo

* = Significativo

Si comparamos las medias de rendimiento (Cuadro 4.6), observamos que seis híbridos experimentales superan en rendimiento al mejor testigo comercial en esta localidad que fue MARFIL con 6577.0 kg./ha, dentro de los cuales sobresalen por su rendimiento los híbridos A2 X IA28 con 8836.7 kg./ha ocupando el primer lugar en la tabla, y AN34 X IA28 con 6816.7 kg./ha en cuarto lugar. Estos híbridos experimentales también ocupan lugares importantes en rendimiento en las localidades de Zaragoza, Coah. Y Reynosa Tamps;. La cruza AN35 X RTX433 con un rendimiento de 7269.0 kg./ha, ocupa el segundo lugar en esta localidad; pero también sobresale como buen material en la localidad de Reynosa, Tamps con 5560.3 kg./ha ocupando también el segundo lugar.

Cabe hacer mención que nuevamente el progenitor macho IA28 aparece como integrante en dos de las mejores cruzas, situación que invariablemente se repite en todas las localidades; asumiendo que esta línea tiene un alto valor de

aptitud combinatoria. La línea restauradora RTX433 presenta buena combinación con la línea androesteril AN35 teniendo un rendimiento medio de 7269.0 kg./ha, combinación que también sobresale en la localidad de Reynosa Tamps con 5560.3 kg./ha.

En lo que se refiere a la altura de planta el promedio de los testigos (123.12 cm), es más alto que la media general (118.57 cm), no existiendo diferencias muy marcadas con respecto a los mejores híbridos experimentales, los cuales presentan una altura de planta menor al mejor testigo: MARFIL (137.3 cm)

Para la variable longitud de panoja; podemos observar que los híbridos A2 X IA28 y AN34 X IA28 presentan valores de 26.7 cm y 27.0 cm respectivamente pero ambos superan tanto a la media general (24.73 cm), como a la media de testigos (26.46 cm) pero presentando valores más bajos que los testigos DEKALB D-65 (29.0 cm) ASGROW OSAGE (27.3 cm) y PIONEER 8313 (28.0 cm). La variable excercion es aceptable para los híbridos experimentales sobresalientes en rendimiento.

Cuadro 4.6 Valores medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en la localidad de Celaya Guanajuato

Genealogía	Rendimiento	A.P	Excercion	L.P
A2 X IA28	8836.7	123.3	8.6	26.7
AN35 X RTX433	7269.0	135.3	12.3	22.0
AN39 X IA9	6893.7	118.0	11.3	24.3
AN34 X IA28	6816.7	118.7	7.3	27.0
IA36 X RTX433	6717.0	135.6	11.0	23.3
AN35 X IA9	6646.3	116.3	12.7	25.3
MARFIL	6577.0	137.3	13.0	23.7
AN35 X IA28	6431.3	134.3	19.3	23.0
A2 X RTX433	6212.7	128.0	15.0	25.0
AN39 X IA28	5571.0	129.3	9.66	25.7
IA36 X IA28	5554.3	107.0	8.7	22.7
IA36 X IA57	5548.3	111.7	14.3	24.3
DEKALB D-65	5496.0	125.0	14.0	29.0
MASTER 911	5408.3	131.3	12.7	24.3
A2 X IA9	5402.3	97.3	5.7	25.7
A2 X IA57	5275.0	114.7	13.0	27.3
AN34 X IA57	5150.3	101.3	13.0	27.0
AN34 X RTX433	4902.0	120.6	5.3	23.3
AN35 X IA52	4725.3	130.7	16.0	25.0
AN39 X RTX433	4490.0	140.6	12.7	21.7
AN39 X IA52	4319.0	119.3	9.0	22.0
IA36 X IA9	4283.7	103.6	4.0	23.7
ASGROW OSAGE	3987.7	114.0	10.0	27.3
AN34 X IA9	3927.3	110.3	12.0	28.0
A2 X IA52	3879.7	105.0	14.3	26.0
AN39 X IA57	3750.0	118.3	15.3	22.7
IA36 X IA52	3029.3	103.3	11.0	20.7
AN35 X IA57	2823.0	124.0	17.3	26.3
PIONEER 8313	2229.3	108.0	5.0	28.0
AN34 X IA52	1248.0	95.0	15.0	24.0
Media general	5113.34	118.57	11.61	24.73
Media de testigos	4739.66	123.12	10.94	26.46

A.P.= Altura de planta (cm)

EXC.= Excercion (cm)

L.P.= Longitud de panoja (cm)

R.= Rendimiento (kg./ha)

Análisis Combinado

En el cuadro 4.7 se presentan los resultados del análisis de varianza combinado para las tres localidades en estudio, donde podemos observar que existe alta significancia para localidades en las variables excercion, tamaño de panoja y rendimiento esto es debido a un comportamiento diferencial de los materiales en los ambientes de prueba, es decir; que el comportamiento de los materiales fue diferente en cada una de las localidades, lo que significa que las condiciones ambientales influyeran en el comportamiento de estas características; en lo que respecta a la altura de planta no se encontró significancia entre localidades lo que quiere decir que esta característica es menos afectada por el ambiente como lo demuestra el hecho de que las medias de altura de planta (cuadro 4.7) es muy similar si lo comparamos con la media de cada localidad.

Para la fuente de variación tratamientos hubo diferencia significativas en la variable altura de planta lo que indica que existieron diferencias marcadas en alturas entre los tratamientos en estudio, y diferencias altamente significativas en rendimientos, existiendo materiales con un comportamiento promedio mayor que otros.

En lo que respecta a la interacción tratamientos x localidad existe alta significancia en las variables excercion y rendimiento lo que indica un comportamiento diferencial de los materiales al ser evaluados en diferentes

ambientes, es decir; hay una fuerte interacción entre genotipo y medio ambiente, y que las condiciones climatológicas influyen sobre el comportamiento fenotípico de estas variables. (Márquez ,1975)

Los coeficientes de variación bajos para cada una de las variables en estudio nos indican la confiabilidad de los datos obtenidos.

Cuadro 4.7 Análisis de varianza combinado de cuatro características de sorgo grano evaluadas en tres localidades

F.V	G.L	ALTURA DE PLANTA	EXCERCION	LONGITUD DE PANOJA	RENDIMIENTO
Localidad	2	28.5 _{NS}	987.23 ^{**}	84.83 ^{**}	22438184 ^{**}
Rep. (Loc.)	6	18.22	6279	18.22	144896
Tratamiento	29	31.52 [*]	40.21 _{NS}	31.52 ^{**}	9277387 ^{**}
Trat x Loc.	58	7.82 _{NS}	45.29 ^{**}	7.82 _{NS}	3716872 ^{**}
Error	174	7.15	11.35	7.15	175101 ^{**}
C.V		5.24	10.38	10.38	9.025

NS= No Significancia

^{**} = Altamente significativo

^{*} = Significativo

En el cuadro 4.8 se presentan las medias para cada una de las variables estudiadas, en donde se puede observar que 3 híbridos experimentales: A2 X IA28; AN34 X IA28 y AN35 X RTX433 superan el rendimiento del mejor testigo MASTER 911; ocupando los últimos lugares en rendimiento los híbridos experimentales IA34 X IA9, IA36 X IA9; IA36 X IA52 y AN34 X IA52. Sobresale como progenitor macho común la línea IA28 en 5 cruzas experimentales de los primeros 7 lugares en rendimiento y el RTX433 en una sola craza.

La variable altura de planta presenta una media general de 118.24 cm. muy cercana a al promedio de testigos de 117.72 cm.; el rango para esta variable va de 101.7 cm. a 133.4 cm. Las 3 primeros híbridos experimentales muestran una altura de planta muy similar a la del testigo MASTER 911 (121.1 cm.), que es el testigo que muestra la mayor altura, esta característica puede ser importante sobre todo para aquellos productores agrícolas que después de la trilla utilizan el resto de la planta para empacarlo como forraje para los animales.

Castañón (1986), menciona que la altura de planta es importante, según las líneas que persiga el agricultor, ya que híbridos altos pueden ser útiles tanto para grano como para forraje. Loya (1986) menciona que la altura adecuada para los híbridos de zonas templadas es de 1.20 mts a 1.50 mts, ya que después de la trilla algunos productores utilizan la hoja para alimento de ganado.

En lo que respecta a la excercion el híbrido que mostró un valor más alto fue A2 X IA52 con 14.2 cm., mientras que la excercion más baja la mostró el material AN34 X IA28 con 5.6 cm. Esta característica es importante porque una excercion mayor permite una trilla más limpia.

De acuerdo con lo anterior Loya (1986), menciona que la excercion es una característica importante para muchos agricultores, ya que no solamente

requieren de materiales rendidores sino también que muestren buena excercion para que su cosecha salgan libres de impurezas.

En términos generales los híbridos experimentales muestran buena excercion en comparación con el promedio de los testigos que fue de 8.06 cm. A excepción de las cruzas AN34 X IA28 y AN34 X RTX433 con valores de 5.6 y 5.7 cm respectivamente.

La longitud de panoja se considera un importante componente de rendimiento, mostrando el valor más alto de testigo PIONEER 8313 con 29.7 cm. superando con un centímetro a 2 híbridos superiores en rendimiento el AN34 X IA28 y el MASTER 911, mientras que los híbridos experimentales A2 X IA28 y AN35 X RTX433 muestran tamaños de panoja de 24.8 cm. y 24.9 cm. respectivamente, muy cercanos a la media general de 25.75 cm. Flores (1986), evaluando componentes de rendimiento, menciona que la longitud de panoja, varia de acuerdo a los ambientes de prueba y esto es debido a la interacción genotipo-medio ambiente.

En un análisis comparativo general tomando en consideración la variable rendimiento en cada una de las 3 localidades (cuadro 4.1, 4.2, y 4.3) y los promedios generales de las 3 localidades (cuadro 4.8) observamos que el híbrido experimental A2 X IA28 ocupa el primer lugar en rendimiento en Celaya, Gto, y en Zaragoza,Coah.; y el tercer lugar en la localidad de Reynosa,Tamps.; el híbrido AN34 X IA28 ocupa el cuarto lugar en las localidades de Celaya Gto.;

y Reynosa Tamps.; y el tercer lugar en Zaragoza Coah.; el híbrido experimental AN35 X RTX433 solamente rebasa el rendimiento en las localidades de Celaya Gto y Reynosa Tamps.; ocupando el segundo lugar. La cruza IA36 X IA28 ocupa el 11^o lugar en Celaya Gto; el quinto lugar en Reynosa Tamps.; y el octavo en Zaragoza Coah.; mientras que el híbrido AN39 X IA57 solamente es sobresaliente en la localidad de Reynosa Tamps.

Mejía (1987), evaluando 29 genotipos de sorgo en cuatro localidades, observo que el rendimiento varia de una localidad a otra debido a la interacción genotipo-ambiente, ya que algunos híbridos que mostraron su potencial de rendimiento en una localidad, disminuyeron notoriamente en otras de acuerdo a lo anterior Matsuo (1975), menciona que la estabilidad del rendimiento es debido a los mecanismos homeostáticos de algunos componentes del rendimiento como el peso del grano, número de granos por unidad del área; tamaño del grano y a la plasticidad de otros caracteres.

Los híbridos de menor rendimiento general en las 3 localidades son: AN34 X IA9, IA36 X IA9, IA36 X IA52 y AN34 X IA52, ocupando también por términos generales los últimos lugares en rendimiento para cada localidad por separado.

Podemos observar que por términos generales la línea restauradora IA28 aparece como un buen progenitor en las combinaciones híbridos más sobresalientes, especialmente en la cruza A2 X IA28 para las tres localidades

en estudio. Asimismo la línea RTX433 como progenitor masculino, combina bien con la línea, androesteril AN35, sobresaliendo la combinación híbrida en la localidad de Celaya Gto. Y Reynosa Tamps.

En lo que respecta a los progenitores femeninos (líneas androesteriles), podemos observar que las combinaciones híbridas que incluyen las líneas AN34 y AN36 ocupan los ultimos lugares en cuanto a rendimiento, en las localidades en estudio.

Cuadro 4.8 Valores medios de cuatro características de sorgo grano evaluadas en tres localidades

Genealogía	Rendimiento	A.P	Excercion	L.P
A2 X IA28	6939.8	126.3	11.3	24.8
AN34 X IA28	6041.7	118.2	5.6	28.7
AN35 X RTX433	5960.3	123.0	10.9	24.9
MASTER 911	5523.2	121.1	8.3	28.7
IA36 X IA28	5481.6	117.6	11.2	23.4
AN39 X IA28	5462.2	125.4	7.6	27.9
AN35 X IA28	5440.7	126.0	11.2	25.7
A2 X IA9	5325.3	103.8	7.8	25.7
MARFIL	5240.8	116.4	8.8	25.7
A2 X RTX433	5089.2	119.9	11.4	25.4
AN39 X IA9	5055.4	116.2	7.4	23.7
AN35 X IA52	4887.3	118.5	9.7	27.9
A2 X IA57	4877.1	113.7	11.2	28.3
AN39 X RTX433	4808.6	131.4	7.9	22.8
AN39 X IA57	4747.2	133.4	11.7	24.1
AN35 X IA9	4710.6	115.0	6.3	25.8
DEKALB D-65	4649.2	120.9	6.6	27.7
IA36 X RTX433	4576.4	129.8	8.8	23.6
ASGROW OSAGE	4549.3	116.6	8.8	27.1
AN39 X IA52	4507.9	127.4	9.7	24.0

A2 X IA52	4440.2	112.2	14.2	25.4
AN35 X IA57	4408.8	130.8	11.8	26.2
PIONEER 8313	3853.8	113.6	7.8	29.7
AN34 X IA57	3812.7	106.6	9.6	26.8
AN34 X RTX433	3649.8	115.8	5.7	26.8
IA36 X IA57	3602.0	114.4	9.6	25.1
AN34 X IA9	3264.4	101.7	6.9	26.3
IA36 X IA9	2962.3	106.0	7.9	23.7
IA36 X IA52	2873.0	122.7	11	23.9
AN34 X IA52	2316.6	102.7	10.7	23.8
Media general	4635.24	118.24	9.25	25.75
Media de testigos	4763.26	117.72	8.06	27.78

A.P.= Altura de planta (cm)
EXC.= Excercion (cm)

L.P.= Longitud de panoja (cm)
R.= Rendimiento (kg./ha)

Aptitud Combinatoria General (ACG)

En el cuadro 4.9 se presentan los valores de aptitud combinatoria general (ACG) para los progenitores femeninos en cada una de las localidades; y en donde se observa que los valores más altos de aptitud en las localidades de Celaya, Gto. Y Zaragoza, Coah. corresponde a la línea A₂. En la localidad de Reynosa, Tamps, el más alto valor de aptitud combinatoria lo tiene la línea AN39 seguido por la línea A2. Los valores más bajos de ACG los muestra la línea IA36 con -1463.60 y -613.80 en la localidad de Zaragoza, Coah. y Reynosa, Tamps. Respectivamente, mientras que para la localidad de Celaya Gto.; es la línea AN34 con un valor más bajo de ACG de -779.33.

Cuadro 4.9 Valores de Aptitud Combinatoria General de Hembras en cada una de las localidades en la variable rendimiento.

Genealogía	Celaya Gto.	Zaragoza Coah.	Reynosa Tamps.
AN34	-779.33	-992.60	-586.60
AN35	390.80	780.73	263.45
AN39	-183.47	540.4	612.27
IA36	-161.67	-1463.60	-613.80
A2	733.67	1135.07	324.67

Los valores de ACG para progenitores machos se presentan en el cuadro 4.10 donde se observa que el progenitor IA28 muestra los valores más altos con 1454.40 para la localidad de Celaya,Gto,1806.07 para Zaragoza,Coah.; y 549.47 en la localidad de Reynosa,Tamps, mientras que los valores más bajos de ACG los presentan las líneas IA52 y IA9; en el primer caso se presenta el valor más bajo en la localidad de Celaya Gto.; ocupando el segundo lugar en las localidades de Zaragoza Coah.; y Reynosa Tamps.; en el caso del IA9 los valores más bajos de ACG, se presentan en las localidades de Zaragoza Coah.; y Reynosa Tamps.; con valores de -626.93 y -760.93 respectivamente.

Cuadro 4.10 Valores de Aptitud Combinatoria General de Machos en cada una de las localidades en la variable rendimiento

Genealogía	Celaya Gto.	Zaragoza Coah.	Reynosa Tamps.
IA9	242.47	-626.93	-760.93
IA28	1454.40	1806.07	549.47
IA52	-1747.93	-573.60	-73.07
IA57	-678.87	-363.93	131.87
RTX433	729.93	-241.60	152.67

El conocimiento de los valores de ACG es importante en los programas de mejoramiento genético ya que esta, estima la varianza de tipo aditivo lo que significa que los progenitores de mas alto valor, pueden ser utilizadas para incluirse en poblaciones panmicticas que permitan la recombinación de genes favorables de progenitores diferentes e iniciar la extracción de nuevas líneas de más alto valor para futuras combinaciones híbridas.

Aptitud Combinatoria Especifica (ACE)

En el cuadro 4.11 se presentan los resultados de los valores de ACE para los 25 híbridos producto de las cruzas entre los 5 hembras y las 5 machos en la localidad de Celaya Gto. Podemos observar que las cruzas con los valores más altos de ACE corresponden a los híbridos AN39 X IA9; A2 X IA28; AN34 X IA57; con valores de 1646.4667, 1463.40 y 1420.3334 respectivamente; ocupando los ultimos lugares las cruzas AN39 X RTX433 con un valor de -1244.6666, AN34 X IA52 con -1412.9333 y AN35 X IA57 con -2077.1333. Solamente el 44% (11 cruzas de 25 en total). Presentan valores positivos de ACE. Se observa que el híbrido experimental A2 X IA28 presenta uno de los más altos valores de ACE ocupando el primer lugar en rendimiento en esta localidad superando ampliamente al promedio de testigos; además las líneas integrantes del híbrido presentan valores positivos de ACE, por otra parte las ultimas 2 cruzas mencionadas con las más bajos valores de ACE (AN34 X IA52 y AN35 X IA57). presentan los rendimientos más bajos (cuadro

4.11) y las líneas presentan valores negativos de ACG. a excepción de el progenitor AN35 que presenta un valor positivo (390.8) pero mucho más bajo que la línea A2.

Para el caso de ACE. En la localidad de Reynosa,Tamps.; encontramos solamente 9 cruzas experimentales con valores positivos, en donde destacan las cruzas A2 X IA9 con 1332.1333; AN34 X IA28 con 999.3334; IA36 X IA28 con 998.5333; AN35 X RTX433 con 978.0666; AN39 X IA57 con 904.7333, y el ultimo lugar con valores positivos el híbrido A2 X IA28 con 197.7333; ocupando también los lugares más altos en rendimiento (cuadro 4.11) superando al mejor testigo (MASTER 911), nuevamente podemos observar que la línea progenitora macho IA28 se incluye en 3 de los 6 híbridos con más altos valores de ACE. Los valores negativos de ACE lo presentaron 16 híbridos, ocupando los lugares más bajos de ACE los híbridos experimentales IA36 X IA57; A2 X RTX433; AN35 X IA28 y AN34 X IA9. Donde podemos observar que las líneas hembras IA36 y AN34 presentaron valores negativos de ACG. con -613.80 y -586.6 respectivamente.

En la localidad de Zaragoza,Coah, obtuvieron los valores mas altos de ACE los híbridos experimentales IA36 X IA28; AN34 X IA28; AN35 X IA57 y A2 X IA9 con valores de 992.2667, 911.2667, 564.5999 y 548.2666 respectivamente, en donde el progenitor masculino IA28 ocupa un lugar preponderante en las combinaciones híbridas, seguido por el macho IA57. En donde 13 cruzas obtuvieron valores positivos de ACE.

Si efectuamos una observación comparativa de los resultados de las medias de rendimiento para cada una de las localidades (cuadro 4.1,4.2,y 4.3) veremos que para el caso de los primeros 5 lugares en cada una de ellas los progenitores macho tienen valores positivos de ACG en donde destaca la línea progenitora IA28 en las 5 cruces en Zaragoza Coah.; en 3 cruces en Reynosa Tamps.; y en 2 en Celaya Gto;. La media más baja de rendimiento son obtenidas por progenitores hembras y machos con los más bajos valores de ACG. en donde podemos encontrar las cruces experimentales IA36 X IA52 y AN34 X IA52 con valores muy bajos de rendimiento en las 3 localidades, y las líneas integrantes, invariablemente presentan valores negativos de ACG. en las 3 localidades, lo que significa que tienen pocos loci aditivos para rendimiento.

El alto rendimiento de una combinación híbrida se puede explicar en función a los altos efectos aditivos de los genes de los dos progenitores, y también al efecto de interacción entre los alelos dominantes de un progenitor y los genes recesivos del otro. Al respecto Zagal (1979), obtuvo resultados similares al trabajar con líneas endogámicas de maíz a través de probadores para la estimación de la aptitud combinatoria.

Esto indica que los cruzamientos híbridos de buen rendimiento involucran efectos aditivos como no aditivos, siendo ambos importantes, en donde se puede observar que las mejores combinaciones involucran progenitores en donde al menos uno de ellos cuenta con un valor positivo de aptitud combinatoria general.

Cuadro 4.11 Resultados de ACE de las tres localidades

Genealogía	Celaya Gto.	Genealogía	Zaragoza Coah.	Genealogía	Reynosa Tamps.
AN39 X IA9	1646.4667	IA36 X IA28	992.2667	A2 X IA9	1332.1333
A2 X IA28	1463.4	AN34 X IA28	911.2667	AN34 X IA28	999.3334
AN34 X IA57	1420.3334	AN35 X IA57	564.5999	IA36 X IA28	998.5333
IA36 X IA57	1200.6667	A2 X IA9	548.2666	AN35 X RTX433	978.0666
AN39 X IA52	1062.2001	AN34 X IA9	389.2667	AN39 X IA57	904.7333
IA36 X RTX433	960.5334	AN39 X RTX433	399.2667	AN35 X IA52	718.4667
AN35 X RTX433	960.0667	AN35 X IA52	199.2666	IA36 X RTX433	652.3333
AN34 X IA28	953.4	AN39 X IA57	194.9333	AN35 X IA57	405.1999
AN35 X IA52	894.2667	AN39 X IA52	156.2667	A2 X IA28	197.7333
AN35 X IA9	824.8667	IA36 X IA52	118.6	A2 X IA52	-3.4
A2 X IA57	32.0001	A2 X RTX433	112.9333	AN39 X IA9	-63.1334
AN34 X RTX433	-236.7999	AN35 X RTX433	57.2666	AN39 X RTX433	-148.7334
IA36 X IA52	-249.2666	A2 X IA52	9.9333	AN34 X IA57	-180.4
A2 X IA52	-294.2666	A2 X IA57	-16.4	AN34 X IA52	-209.8
A2 X RTX433	-439.1333	AN39 X IA9	-50.4	AN39 X IA52	-283.9334
AN39 X IA57	-575.8666	IA36 X RTX433	-95.0666	IA36 X IA52	-426.2666
AN35 X IA28	-602.0667	AN35 X IA9	-274.4001	AN34 X RTX433	-431.5334
AN34 X IA9	-723.9999	AN34 X IA57	-342.0667	A2 X IA57	-476.3334
A2 X IA9	-761.9999	IA36 X IA57	-401.0667	AN35 X IA9	-520.0001
AN39 X IA28	-888.1333	AN34 X RTX433	-474.4	IA36 X IA9	-571.4
IA36 X IA28	-926.6	AN34 X IA52	-484.0666	AN39 X IA28	-613.8667
IA36 X IA9	-985.3333	AN35 X IA28	-584.0666	IA36 X IA57	-653.2
AN39 X RTX433	-1244.6666	IA36 X IA9	-614.7333	A2 X RTX433	-1050.1334
AN34 X IA52	-1412.9333	A2 X IA28	-654.7334	AN35 X IA28	-1581.7334
AN35 X IA57	-2077.1333	AN39 X IA28	-700.0667	AN34 X IA9	-1776

En resumen podemos considerar que los híbridos experimentales más sobresalientes correspondan a las combinaciones A2 X IA28 y AN34 X IA28 para las 3 localidades; el híbrido AN35 X RTX433 sobresale por su posición en la tabla de medias para las localidades de Celaya Gto y Reynosa,Tamps.; el híbrido experimental IA36 X IA28 tiene buen comportamiento en las localidades de Zaragoza Coah. y Reynosa Tamps.; el AN35 X IA28 y AN39 X IA28 ocupa el segundo y sexto lugar en la localidad de Zaragoza Coah.; no destacando en las otras localidades y finalmente para la localidad de Reynosa Tamps la cruza AN39 X IA57 ocupando el primer lugar.

Cuadro 4.12 Relación de mejores híbridos para las localidades de prueba.

LOCALIDADES			
Genealogía	Zaragoza Coah.	Celaya Gto.	Reynosa Tamps.
A2 X IA28	X	X	X
AN35 X IA28	X		
AN34 X IA28	X	X	X
AN39 X IA28	X		
IA36 X IA28	X		X
AN35 X RTX433		X	X
AN39 X IA57			X

CONCLUSIONES

En función a los resultados obtenidos en la presente investigación y de acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas se concluye:

1.- Para la localidad de Zaragoza, Coah. destacan los híbridos A2 X IA28 con un rendimiento de 6741.7 kg./ha, AN35 X IA28 con 6493.3 kg./ha, AN34 X IA28 con 6180.0 kg./ha, superando a los testigos DEKALB D-65 (6175kg./ha) y MASTER 911 (6165.0 kg./ha) y AN39 X IA28 (6106.7 kg./ha) superando al testigo OSAGE (5896.7 kg./ha).

2.- En la localidad de Reynosa, Tamps. siete híbridos experimentales superaron al mejor testigo MASTER 911 (4996.3 kg./ha) destacando por su posición el AN39 X IA57 (5815.0 kg./ha) y AN35 X RTX433 (5560.3 kg./ha.) siendo significativamente superiores.

3.- En Celaya, Gto. resultaron superiores los híbridos A2 X IA28 (8836.7 kg./ha), AN35 X RTX433 (7269.0 kg./ha), AN39 X IA9 (6893.7 kg./ha), AN34 X IA28 (6816.7 kg./ha), IA36 X RTX433 (6717.0 kg./ha), AN35 X IA9 (6648.3 kg./ha) superando al mejor testigo MARFIL (6577.0 kg./ha).

4.- Dentro de los híbridos que mejor comportamiento tuvieron en las 3 localidades se encuentran los híbridos A2 X IA28 y AN34 X IA28.

En Celaya,Gto; y Reynosa,Tamps destaca el híbrido AN35 X RTX433.

En Zaragoza,Coah. y Reynosa,Tamps el híbrido IA36 X IA28 tuvo buen comportamiento.

5.- Las líneas androesteriles que presentan los mejores valores de ACG son:

Celaya,Gto A2 (733.67) y AN35 (390.80).

Zaragoza,Coah. A2 (1135.07), AN35 (780.73) y AN39 (540.4)

Reynosa,Tamps AN39 (612.27), A2 (324.67) y AN35 (263.45).

6.- El grupo de líneas restauradoras con los valores más altos de ACG son:

Celaya,Gto.IA28(1454.40), RTX433(729.93) y IA(242.47).

Zaragoza,Coah IA28(1806.07).

Reynosa,Tamps IA28(549.47),RTX433(152.67) y IA57(131.87).

7.- Los cruzamientos que presentaron los más altos valores de ACE en las localidades de prueba son:

Celaya,Gto. AN39 X IA9(1646.4667), A2 X IA28(1463.4) y AN34 X IA57(1420.3334).

Zaragoza,Coah IA36 X IA28(992.2667),AN34 X IA28(911.2667), AN35 X IA57(564.5999).

Reynosa,Tamps A2 X IA9(1332.1333), AN34 X IA28(999.3334), IA36 X IA28(998.5333).

RECOMENDACIÓN

Con el propósito de aprovechar la varianza de tipo aditivo, se sugiere incluir en poblaciones panmicticas las líneas R con más alto valor de ACG, que permita la recombinación, y posteriormente pueda servir de población base para la extracción de nuevas líneas

LITERATURA CITADA

Allard, R.W. 1967. Principios de mejoramiento genético de plantas. Editorial Omega. Traducción del inglés. Barcelona, España

Brauer, O.H. 1980. Fitogenética aplicada. Los conocimientos de la herencia vegetal al servicio de la humanidad. Ed. Limusa- Wiley. México.

Bruce, A.B. 1910. The mendelian theory of Heredity and the argumentation Of vigor. Science 32:627-628.

Castañón, M.M.D 1986 Estudios de correlación fenotípicas y parámetros de estabilidad en 10 materiales de sorgo para grano. Tesis profesional UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

CIMMYT. 1987. CIMMYT-Hechos y tendencias mundiales relacionadas con el maíz 1986: aspectos económicos en la producción de semilla de variedades comerciales de maíz en los países en desarrollo. México, D.F.

- Cordova, Q. Et. al. 1980. Heterosis del rendimiento y aptitud combinatoria de líneas y familias de hermanos completos de maíz. XXVI Reunión Anual de PCCMCH. Guatemala, Guatemala.
- Creese, C.E. 1966. Heterosis of the hibrid related to genefrecuency difference between the populations. Genetics 52:139-144.
- Crow, J.F. 1984. Alternativa hypothesis of hybrid vigor. Genetics 33:428-487.
- Chavez A., J.L. y E. López. P. 1987. Apuntes de mejoramiento de plantas II. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México. 158p.
- Davis, R.L. 1927. Report of the plant breeder. P.R. Agric Exp. Stn. Annu. Rep 1927.
- De la Loma, J.L 1965. Genética general aplicada. Tercera Edición Revisada. México, D.F.
- De León C., H. 1981. Rendimiento y heterosis de híbridos de maíz con materiales sobresalientes del INIA y la UAAAN. Tesis profesional UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- East, E.M. 1908. Inbreeding in corn. Conn. Agr. Exp. Sta. Rep. 1907. Pp.419-428.

- Flores, R.S. 1987. Estimación de la interacción genotipo medio ambiente de los componentes del rendimiento de sorgo para grano. Tesis profesional UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
- Gilbert, N.E. 1958. Diallel cross in plant breeding Heredity. 12:477-489. U.S.A
- Guzmán M, E.E. 1988. Genética UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Hayes, H.K. y F.R. Immer 1955. Métodos fitotécnicos (procedimientos científicos para mejorar las plantas). Traducción del inglés por Antonio Emarino. Editorial Continental S.A México.
- Hallauer, A.R. 1975. Relation of gene action and type of tester in maize breeding procedures. Proc. Corn Sorghum Res.
- Horner, E.S. 1963. A comparison of S_1 plant evaluation for combining ability in corn Crop.
- Hull, F.H. 1945. Recurrent selection for specific combining ability in corn. J. Am. Soc. Agron.
- Jugenheimer, R. W. 1981. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa México.

Keeble, F. And C. Pellew. 1910. The mode of inheritance of stature and of time of flowering in peas (*pisum sativum L.*) jour.Genetics. 1:47-56.

López, P.E. 1986 Comparación entre diferentes probadores para evaluar líneas de maíz. Folleto de divulgación Vol. I # 7 U.A.A.A.N

Loya, R.H. 1986 Estudio comparativo de 8 características en sorgo para grano bajo 2 ambientes, riego y temporal. Tesis profesional UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marqués S.F. 1988 Genotecnia vegetal, métodos teoría, resultados A.G.T México D.F

Marqués, S.F 1988. Genotecnia vegetal. Primera edición. Editorial Calypso S.A. México D.F.

Matsuo, T. 1975 Adaptability in plants H.I.B.P Synthesis.

Mejía, P.A. 1987 Estabilidad de producción de 29 materiales de sorgo forrajero a través de diferentes medios ambientes. Tesis profesional UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila , México.

Poehlman, M.J. 1986. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa, México.

- Poehlman, M.J. 1979 Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa, México.
- Robles, S.R. 1982. Terminología genética y Fitogenética. Editorial Trillas. México.
- Ross, W.M., H.J. Gorz., F.A. Haskins and K.D. Kofoed. 1979. Combining ability in forage sorghum hybrids. Maydica.24:83-93. USA
- Sinnot, E.W. 1970. Principios de genética. Cuarta edicion. Editorial Omega.
- Shull, G.H. 1909. A pure line method of corn breeding. A.M. breeders. Assoc. rep
- Smith, E.L., and J.W. Lambert. 1968. Evaluating of early generation testing in spring barley. Crop. Sci.8(4):490-403.U.S.A
- Sprague, G.F. and L.A. Tatum 1942. General vs Spacific combining ability in single crosses of corn. Plant Breeding Abstracts.
- Thompson D.L. and J.O.Rawlings. 1960. Evaluation of four tester of different ear heights of corn. Agron. Jour

Tzul, L.G.1989. Evaluacion de cruzas de prueba de líneas S_2 de maiz (*Zea mays* L.) para el trópico seco mexicano. Tesis de licenciatura UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Ville,C.A. 1974. Biología. Editorial Interamericana. México, D.F.

Wellhausen, E.J. and L.S Wortman 1954. Combining ability of S_1 and Derived S_3 lined of corn. Agr. Jour. 46:86-89.

Zagal, F.A.1999. Estimación de la aptitud combinatoria de progenies endogamicas de maíz (*Zea mays* L) a traves de probadores. Tesis profesional UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

APENDICE

**Cuadro A₁ Prueba de DMS de la variable rendimiento en sorgo grano
evaluado en la localidad Zaragoza Coahuila**

Tratamiento	Medias
A2 X IA28	6741.7 A
AN35 X IA28	6463.3 AB
AN34 X IA28	6180.0 ABC
DEKALB D-65	6175.0 ABC
MASTER 911	6165.0 ABC
AN39 X IA28	6101.7 ABCD
ASGROW OSAGE	5896.7 ABCD
IA36 X IA28	5790.0 BCDE
A2 X IA9	5511.7 CDEF
A2 X RTX433	5461.7 DEF
AN35 X IA57	5436.7 DEF
MARFIL	5366.7 DEF
A2 X IA57	5210.0 EFG
AN39 X RTX433	5153.3 EFG
AN35 X RTX433	5051.7 FG
A2 X IA52	5026.7 FGH
AN35 X IA52	4861.7 FGHI
1AN39 X IA57	4826.7 FGHI
PIONEER 8313	4773.3 FGHI
AN39 X IA52	4578.3 GHI
AN35 X IA9	4336.7 HI
AN39 X IA9	4318.3 I
AN34 X IA9	3225.0 J
AN34 X IA57	2756.7 JK
AN34 X RTX433	2756.7 JK
IA36 X RTX433	2655.0 JK
IA36 X IA52	2536.7 JK
AN34 X IA52	2405.0 k
IA36 X IA9	2383.3 k
IA36 X IA57	2226.7 k
Nivel de Significancia = 0.05	
DMS = 701.2720	

**Cuadro A₂ Prueba de DMS de la variable rendimiento en sorgo grano
evaluado en la localidad Reynosa Tamaulipas**

Tratamiento	Medias
AN34 X IA57	5815.0 A
AN35 X RTX433	5560.3 A
A2 X IA28	5238.0 B
AN34 X IA28	5128.3 B
IA36 X IA28	5100.3 B
AN34 X IA57	5075.0 B
A2 X IA9	5062.0 B
MASTER 911	4996.3 BC
AN35 X IA57	4966.7 BC
AN39 X RTX433	4782.3 CD
AN39 X IA28	4714.0 CD
AN39 X IA52	4626.3 DE
PIONEER 8313	4558.6 DE
A2 X IA52	4414.3 EF
IA36 X RTX433	4357.3 EF
A2 X IA57	4146.3 FG
AN39 X IA9	3954.3 G
MARFIL	3778.7 G
ASGROW OSAGE	3763.7 G
A2 X RTX433	3593.3 H
AN34 X IA57	3531.0 HI
AN35 X IA57	3397.3 HIJ
AN34 X RTX433	3300.7 IJK
AN34 X IA52	3296.7 IJK
AN35 X IA9	3148.7 JK
IA36 X IA52	3053.0 K
IA36 X IA57	3031.0 K
AN34 X IA9	2641.0 L
DEKALB D-65	2776.7 L
IA36 X IA9	2220.0 M

Nivel de Significancia = 0.05
DMS = 278.1658

**Cuadro A₃ Prueba de DMS de la variable rendimiento en sorgo grano
evaluado en la localidad Celaya Guanajuato**

Tratamiento	Medias
A2 X IA28	8869.7 A
AN35 X RTX433	7269.0 B
AN39 X IA9	6893.7 BC
AN34 X IA28	6816.7 BC
IA36 X RTX433	6717.0 BC
AN35 X IA9	6646.3 BC
MARFIL	6577.0 BC
AN35 X IA28	6431.3 BCD
A2 X RTX433	6212.7 CDE
AN39 X IA28	5571.0 DEF
IA36 X IA28	5554.3 DEF
IA36 X IA57	5548.3 DEF
DEKALB D-65	5496.0 DEF
MASTER 911	5408.3 EFG
A2 X IA9	5402.3 EFG
A2 X IA57	5275.0 EFG
AN34 X IA57	5150.3 FGH
AN34 X RTX433	4902.0 FGH
AN35 X IA52	4725.3 FGHI
AN39 X RTX433	4490.0 GHIJ
AN39 X IA52	4319.0 HIJ
IA36 X IA9	4283.7 HIJ
ASGROW OSAGE	3987.7 HIJ
AN34 X IA9	3927.3 IJK
A2 X IA52	3879.7 IJK
AN39 X IA57	3750.0 JKL
IA36 X IA52	3029.3 KL
AN35 X IA57	2823.0 L
PIONEER 8313	2229.0 L
AN34 X IA52	1248.0 M

Nivel de Significancia = 0.05

DMS = 946.7506