

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Aptitud Combinatoria de Siete Características en 49 Híbridos de Sorgo para Grano
(*Sorghum bicolor*, L. Moench) y sus Progenitores

Por:

GRISEL VERGARA SANDOVAL

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Aptitud Combinatoria de Siete Características en 49 Híbridos de Sorgo para Grano
(*Sorghum bicolor*, L. Moench) y sus Progenitores

Por
GRISSEL VERGARA SANDOVAL

TESIS
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada

M.C. Luis Ángel Muñoz Romero
Asesor Principal

Ing. Alfredo Fernández Gaytán
Coasesor

Dr. Enrique Navarro Guerrero
Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2014.

AGRADECIMIENTOS

A mí Alma Terra Mater por pertenecer a esta gran Universidad por acogerme durante mi estancia dentro de ella donde pase momentos muy agradables.

M.C. Luis Ángel Muñoz Romero por su tiempo, atención, colaboración y aportaciones que me brindo para poder realizar este importante trabajo.

ING. Alfredo Fernández Gaytán por las sugerencias brindadas y la revisión sobre este trabajo.

DR. Enrique Navarro Guerrero por ser parte del jurado de este trabajo.

M.C. Nurí Gutiérrez por haberme facilitado las herramientas necesarias y ayudado aclarar mis dudas sobre todo este trabajo y principalmente por su amistad.

DR. Armando Rodríguez García por haberme dado la oportunidad de incorporarme a la realización de este trabajo.

Elías Abraham García López, Javier y Sergio Urzua gracias por su amistad y auxiliar en las labores de campo y de bodega para la obtención de los datos de este trabajo.

A mí amigo José Isidro Varela Rodríguez por su amistad incondicional.

A todos mis compañeros de generación (CXVIII), por su amistad y buenos momentos en cada una de las clases que compartí con ustedes.

A todos mis amigos con quien compartí tiempos de alegría dentro y fuera de la Universidad.

DEDICATORIAS

A DIOS POR ILUMINARME DURANTE EL TRANCURSO DE MI VIDA, POR ESTAR AHÍ EN CADA PASO QUE HE DADO, POR DARME SALUD Y SABIDURIA PARA SUPERAR CADA OBSTACULO.

A MIS PADRES

LOURDES SANDOVAL PALMA Y ARMANDO VERGARA BENITEZ
POR DARME AMOR, CARIÑO, APOYO Y COMPRESION EN TODO
MOMENTO, POR GUIARME SIEMPRE POR EL CAMINO CORRECTO Y
DARME LOS CONSEJOS Y EL ANIMO PARA PODER CUMPLIR UN
OBJETIVO MUY IMPORTANTE EN MI VIDA.

TE AMO MAMÁ & TE AMO PAPÁ.

A MIS HERMANOS

YAMILET, ARMANDO E ISMAEL

POR COMPARTIR MOMENTOS MARAVILLOSOS Y DARME ANIMOS
PARA SEGUIR ADELANTE Y POR EL APOYO EN CADA INSTANTE,
LOS QUIERO MUCHO.

HANNAH VERGARA POR HACERME PASAR MOMENTOS FELICES
CON TU HERMOSA LLEGADA A MI VIDA.

NANCI GARCIA POR SER PARTE DE LA FAMILIA Y TRAER UNA
HERMOSA NENA QUE NOS ALEGREGARA NUESTROS DIAS.

TIO CESAR SANDOVAL PALMA POR HACERME PASAR MOMENTOS
DEALEGRIA Y POR APOYARME Y ESTAR AL PENDIENTE DE MI.

A M.C. REBECA GONZALEZ VILLEGAS POR SER PARTE DE MI
FORMACION ACADEMICA AUXILIANDOME Y POR SU VALIOSA
AMISTAD

A ING. BARBARA JIMENEZ MERINO POR SU GRAN AMISTAD Y
APOYO EN DURANTE MI ESTANCIA EN LA UNIVERSIDAD.

A TODA MI FAMILIA QUE CREYO EN MI....

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
INDICE DE CONTENIDO	ii
INDICE DE CUADROS	iv
RESUMEN	1
ABSTRACT	3
OBJETIVOS	5
HIPOTESIS	5
I. INTRODUCCION	6
II. REVISION DE LITERATURA	8
Hibridación	8
Formación de híbridos	9
Heterosis	10
Rendimiento	11
Aptitud Combinatoria	13
Aptitud Combinatoria General (ACG)	13
Aptitud Combinatoria Especifica (ACE)	14
III. MATERIALES Y METODOS	15
Material Genético	15
Descripción de la zona de Estudio	17
Diseño de la unidad experimental	17
Manejo del cultivo	17
Variables Evaluadas	18
Análisis de Varianza	19
Análisis estadístico	20
Estimación de Aptitud Combinatoria	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	24
V. CONCLUSION	48
VI. BIBLIOGRAFIA	49

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1.0	Híbridos nuevos de sorgo para grano, sus progenitores e híbridos comerciales evaluados en Rio Bravo, Tamaulipas, México, 2014.	16
2.0	Análisis de Varianza	19
3.0	Análisis de Varianza de Diseño II de Carolina del Norte.	21
4.1	Análisis de varianza de la variable rendimiento	24
4.2	Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable rendimiento	25
4.3	Análisis de varianza de la variable peso de mil granos	27
4.4	Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable peso de mil granos	28
4.5	Análisis de varianza de la variable numero de granos por panoja	29
4.6	Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable Numero de granos por Panoja	30
4.7	Análisis de varianza de la variable longitud de panoja	31
4.8	8 Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable longitud de panoja	32
4.9	Análisis de varianza de la variable excersion de panoja	34
5.0	Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable excersion de panoja	35
5.1	Análisis de varianza de la variable altura de planta	37
5.2	Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable altura de planta	38
5.3	Análisis de varianza de la variable 50 % días a floración	40
5.4	Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable 50% días a floración	41
5.5	Cuadrados medios de las siete variables de parámetros genéticos del análisis de apareamiento Carolina del Norte II	43
5.6	Aptitud Combinatoria General (ACG) de siete variables de líneas de Sorgo machos y hembras. Diseño II de Carolina del Norte.	45
5.7	Efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de siete variables de las 49 cruzas de sorgo.	47

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la aptitud combinatoria general (ACG) de siete líneas androesteriles y siete líneas restauradoras, la aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruzas realizadas. El trabajo se realiza en dos etapas: 1) la formación de las cruzas, en el campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), y 2) la evaluación de las cruzas en el campo Agrícola experimental de Rio Bravo, Tamaulipas, en el ciclo de invierno.

El material genético fue constituido por 49 cruzas formadas durante el ciclo primavera-verano 2013 en la localidad de Buenavista, Coahuila, entre siete líneas hembras androesteriles (A) y siete líneas machos restauradoras de la fertilidad (R) pertenecientes al Programa de Sorgo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN); los progenitores respectivos y tres híbridos comerciales dos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y uno de la empresa Pioneer.

En una primera etapa se utiliza el diseño de apareamiento de carolina del norte II (7x7) Comstock et al (1949), para ello se usaron dos conjuntos de líneas, el primero funcionó únicamente como macho (líneas "R") mientras que el segundo como hembra (líneas "A"), donde cada uno de los machos se cruzó con cada una de las hembras, de este apareamiento se obtuvieron 49 híbridos.

Las cruzas se evaluaron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los resultados muestran el comportamiento de ACG de los progenitores indicando que existe variación en las diferentes características evaluadas. Se presentaron valores positivos y negativos, siendo los progenitores machos que destacan, el IA 28 es el que obtuvo mejor rendimiento con 502.7; este progenitor de igual manera destaca con valor positivo en la variable de número de granos por panoja (NGP) CON 397.8. En la variable de peso de mil

granos (PMG) el progenitor que destaca con valor positivo es el PAN 37 con 4.1, para la variable altura (AP) de planta destaca con valor negativo el progenitor macho 21-1 con -21.51. En cuanto a la variable de 50% de días a floración el progenitor más precoz es el 12-A con -2.61, todos estos caracteres son aditivos a la progenie. Mientras que para ACE en la variable rendimiento destacan las cruzas A92x124-2, A98XIA 28, A98 x 14-3 y A96 x 124-2.

Palabras Clave: Sorghum bicolor L. Moench, Aptitud Combinatoria General, Aptitud Combinatoria Especifica, Parámetros genéticos, Diseño II Carolina del Norte.

ABSTRACT

The objective was to assess the general combining ability (GCA) seven male sterile lines and restorer lines seven, specific combining ability (SCA) from crosses made. The work is done in two stages: 1) the formation of the cross, in the experimental agricultural field at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), and 2) evaluation of the crosses in the experimental agricultural field Rio Bravo, Tamaulipas in the winter cycle.

The genetic material was composed of 49 crosses formed during the spring-summer 2013 in the town of Buenavista, Coahuila, seven lines females male sterile (A) and seven male lines restorers of fertility (R) belonging to the Program Sorghum the University Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN); the respective parents and three commercial hybrids Two National Institute of Livestock (INIFAP) Agricultural and Forestry Research and one of the company Pioneer.

In a first step mating design NC II (7x7) Comstock et al (1949), for two sets of lines it is used is used, only worked as the first male (lines "R") while the second and female (line "A"), where each of the cores are crossed with each of the female hybrid 49 from this mating were obtained.

Crosses were evaluated in a randomized complete design with three replications. The results show the behavior of ACG parent indicating that there is variation in the various characteristics evaluated. Positive and negative values were being male parent notably, the IA 28 is the one obtained better performance with 502.7; This parent likewise emphasizes positive value in the variable number of grains per panicle (NGP) with 397.8. The variable thousand kernel weight (PMG) the parent who stands with a positive value is the PAN 37 with 4.1, for variable height (AP) plant stands with a negative value the male parent with -

21.51 21-1. Regarding the variable days 50% of the earliest flowering parent is -
2.61 12-A with all these characters are additive to progeny. While for ACE in
performance variable crosses stand A92x124-2, A98XIA 28, A98 and A96 x 14.3
x 124-2.

Keywords: Sorghum bicolor L. Moench, Combining Ability General Combining
Ability Specifics, Genetic parameters, North Carolina Design II.

OBJETIVOS

- Determinar por medio de los análisis de varianza que materiales experimentales compiten favorablemente con los testigos comerciales
- Estimar la Aptitud Combinatoria General (ACG) de machos y hembras, y Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) de sus cruzas.

HIPOTESIS

- Dentro de los híbridos experimentales hay por lo menos uno que compite con los testigos comerciales.
- Existen diferencias significativas en los valores de ACG Y ACE, en las diferentes características evaluadas en los materiales en estudio.

I. INTRODUCCIÓN

Los objetivos principales en la mayoría de los programas de mejoramiento genético, es la búsqueda constante de materiales con altos potenciales de rendimiento, para lograrlo, los mejoradores usan diferentes métodos de selección, pero una de las limitantes es que la naturaleza genética de los materiales y su valor cuantitativo que determinan su expresión fenotípica, no son fáciles de obtener. Uno de los criterios más utilizados por parte de los mejoradores, que les permita avanzar en la selección de mejores genotipos es la determinación de las aptitudes combinatorias, tanto la general (ACG) como la específica (ACE), las cuales estiman dos componentes importantes de la varianza fenotípica total, la varianza aditiva y la varianza de dominancia respectivamente. El uso de los diseños genéticos es muy útil para poder estimar estos componentes, en sorgo generalmente se usan diseños dialélicos para lograr tal cometido, gracias al uso de la esterilidad genético-citoplásmica que nos permiten con gran facilidad formar híbridos entre las líneas androestériles y restauradoras.

La estimación de parámetros genéticos, son herramientas útiles para conocer la estructura de las poblaciones y sus varianzas, los diseños de carolina del norte son muy utilizados en especies como el sorgo.

El sorgo es uno de los alimentos básicos para la población más pobre del mundo, que es también la que padece una situación de mayor inseguridad alimentaria. Desde el punto de vista genético, este cultivo se adapta bien a un entorno agroecológico cálido y seco en el que resulta difícil cultivar otros cereales. Son también lugares que sufren frecuentes sequías (FAO, 2002).

El cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) es el quinto cereal más importante del mundo después del trigo, maíz, arroz y cebada (FAO 2011). A nivel mundial, el sorgo es cultivado en una superficie de 42 millones de hectáreas con una producción anual de 58,5 millones de toneladas y es utilizado

en la dieta alimenticia de 500 millones de personas en más de 30 países (ICRISAT 2009).

Los primeros sorgos dejaban mucho que desear como cultivo granífero, eran muy altos y, por lo tanto, susceptibles al acame y difíciles de cosechar. Además maduraban muy tardíamente. Los tipos Kafir y Milo fueron seleccionados como productores de granos por los primeros colonos de E.E.U.U debido a que su tolerancia a la sequía es mayor que la del maíz.

El sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench es el quinto cereal más importante del mundo después del trigo, maíz, arroz y cebada FAO (2011).

En México, el sorgo se cultiva en 1.95 millones de hectáreas, sobresaliendo el estado de Tamaulipas con 48.1% donde se obtiene una producción de 2.5 millones de toneladas, que equivalen a 42% del total nacional (SIAP, 2013).

El sorgo (*Sorghum Vulgare*) es uno de los principales granos en nuestro país. Su importancia radica en que nutre de materia prima a la industria generadora de alimentos balanceados para animales. (INEGI 2007)

Actualmente el uso de plantas híbridas es muy común en todo el mundo, esto con el fin de incrementar la producción de alimentos ante la creciente demanda mundial de los mismos y más aún en el caso de los granos y forrajes para la alimentación humana y animal. Los híbridos comerciales se utilizan ampliamente en muchos cultivos como el maíz, sorgo, remolacha azucarera, girasol, etc. (Fehr y Hadley, 1980)

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Hibridación

En 1932 la hibridación del sorgo, era un proceso difícil y complicado, hasta que se descubrió la posibilidad de emplear variedades de sorgo androestériles, pues la forma convencional resultaba lenta, costosa e impedía la obtención de semillas híbridas en cantidad y condiciones económicas necesarias en la actividad agrícola. Al aparecer las líneas androestériles, que no producen polen, pero, que conservan fértiles sus carpelos y que solo es transmitida por la semilla de la planta fecundada por el polen de otras hermafroditas fértiles, por lo que repitiendo la operación varias veces se obtienen líneas androestériles que servirán como plantas femeninas, para la obtención de híbridos con condiciones más fáciles y favorables a las exigencias del desarrollo agrícola. Valladares (2010)

Chávez (1995), menciona que la hibridación se puede definir como un acto en el cual se fecundan los gametos femeninos con los gametos masculinos y se realiza con varios objetivos, entre los cuales se pueden mencionar la explotación del vigor híbrido, formación de genotipos específicos para determinados ambientes, inducción de variabilidad y selección de los materiales que intervendrán como progenitores en las cruzas, y realizar la crusa adecuada y deseable de acuerdo con las exigencias del consumidor.

Valladares (2010), indica que la hibridación se basa en el aprovechamiento de la primera generación F1 proveniente del cruzamiento de dos progenitores. Los progenitores pueden ser dos poblaciones, dos variedades o dos líneas puras.

$$P1 \times P2 = F1$$

Las plantas F1 (primera generación), aunque contienen genes diferentes para un carácter dado, también son similares. La segregación genética empieza en la generación F2 y la proporción de plantas con genes diferentes para un carácter dado se va reduciendo en cada generación autofecundada.

Según [Gandarillas \(1979\)](#), el método de hibridación ofrece buenas perspectivas para lograr objetivos como rendimiento, tamaño de grano, resistencia a enfermedades y otros caracteres importantes.

Formación de Híbridos

En México, los híbridos tienen un papel fundamental en la producción de sorgo para grano en el desarrollo del sector agropecuario, ya que la mayor parte de la producción se utiliza en la preparación de alimentos balanceados. (SIAP, 2007)

La formación de híbridos en sorgo involucra tres líneas que se denominan A, B y R. Las líneas A y B son isogénicas y solo difieren en que la línea A es androestéril y es considerada como hembra y la línea B androfértil, mantenedora de la androesterilidad, por lo que la progenie de la cruce A x B es androestéril. La línea R es androfértil, capaz de restaurar la fertilidad del híbrido de la cruce A x R, por lo que las líneas A y R se seleccionan por su alta capacidad de combinar específicamente para producir progenie híbrida en la cual se manifieste un alto vigor híbrido para rendimiento y otros caracteres agronómicos. (Rodríguez, 1992).

Hernández y Moreno (2014) mencionan que para obtener semilla de híbridos experimentales F1, se establecieron lotes individuales de las líneas androestériles y restauradores, con diferentes fechas de siembra para lograr el mismo periodo de floración entre las líneas, se realizaron polinizaciones manuales cubriendo las panojas de la línea androestéril con bolsas de papel.

Según Rao 2002, para la producción de la semilla híbrida de sorgo se utiliza un sistema de tres líneas denominadas A, B y R; donde A es la androesterilidad y la B es androfértil; de tal forma que la progenie de la cruce A x B (línea A materna y B paterna) es estéril; la esterilidad masculina es el resultado de factores en el

citoplasma, el cual es heredado en forma maternal y la línea B es isogénica que tiene un citoplasma normal, pero carece de genes restauradores, por lo cual la cruce A x B permite mantener o incrementar la línea A, conservándose androestéril.

Para la producción de semilla híbrida se requiere de tres líneas los cuales son:

- Línea A: línea homocigota que presenta androesterilidad genético-citoplasmática, cuya expresión fenotípica principal es la producción de polen.
- Línea B: línea isogénica de la Línea A, cuya diferencia es la producción de polen, no restaurador de la fertilidad. Se usa para el aumento de la línea A.
- La Línea R: línea pura seleccionada por producción de polen, restauradora de la androesterilidad. (ICA, 1989)

Heterosis

La heterosis, sinónimo de vigor híbrido, es la manifestación de la superioridad del comportamiento de la F1 respecto a la media de los padres (Goldman, 1999).

Sánchez 1991, señala que el fenómeno de la heterosis es conocido desde el siglo XVIII aproximadamente tanto en el reino animal como en el vegetal, y se manifiesta en plantas alogamas como en autogamas.

Tüsüz, (1997) y Yu y Tuinstra, (2001), mencionan que en sorgo, la heterosis puede manifestarse mediante floración más precoz, mayor número de hojas, porte y amacollamiento, semillas más pesadas, mayor producción de grano y mayor velocidad de emergencia, vigor y peso seco de plántulas.

Valdez (1987) citado por Gauna (2000), menciona que la heterosis es la superioridad en rendimiento del híbrido con respecto al promedio de rendimiento de los progenitores.

El híbrido de sorgo explota la heterosis de la cruce de una línea A androestéril con una línea R fértil restauradora de la fertilidad masculina. (Cisneros, *et al.*, 2007).

La heterosis es el fenómeno en el que la F1, resultante del cruzamiento entre dos genotipos, es superior en crecimiento, tamaño, rendimiento y vigor (Gutiérrez *et al.*, 2002).

Ramirez et al., (2007) mencionan que la heterosis es un fenómeno que ocurre cuando el híbrido supera a sus progenitores en características fenológicas de crecimiento y rendimiento, resulta de la interacción de varios factores independientes aportados por los progenitores que participan en la interacción de dicho híbrido.

Rendimiento

Williams, et al. (2004) en sus evaluaciones bajo condiciones de temporal en el noreste de México, el híbrido RB-Patrón mostro un comportamiento superior en rendimiento en comparación a los híbridos comerciales utilizados como testigos, rindiendo en promedio 2,530 kg ha⁻¹, superando a ocho testigos comerciales con un 10.4% en promedio.

Los híbridos con rendimiento de grano estadísticamente significativos fueron el híbrido experimental SHS-23 x 43 y el híbrido comercial G STAR 7 304, con 7,109 y 6,813 kg ha⁻¹ en la F1 respectivamente, aunque en la F2 rindieron menos 69.71 y 36.94% respecto a F1, respectivamente. El rendimiento promedio de los 20 híbridos experimentales fue mayor en 3% con respecto a los 14 híbridos comerciales al tener 5,671 y 5,505 kg ha⁻¹ respectivamente, sin embargo en la generación avanzada o F2 los 14 híbridos comerciales tuvieron una reducción menor en el rendimiento de grano de 1.86% con respecto a los 20 híbridos experimentales al tener 49.70 y 51.56% de reducción, respectivamente. (Hernández y Moreno ,2014).

En el ensayo comparativo de rendimiento de sorgo realizado durante el ciclo 2009-2010, se evaluaron 54 híbridos comerciales tomando en cuenta tres principales variables que fueron rendimiento, altura de planta y días a floración, en el cual el híbrido A 9758 M, fue el que más sobresalió con un rendimiento de 6,625 kg ha⁻¹, una altura de planta de 119 cm y 75 días a floración, siendo las medias generales de rendimiento 4,647 kg ha⁻¹, altura de planta 138 cm y 77 días a floración, con un coeficiente de variación de 5.74%. (Manes y Perotti, 2010).

Hernández et al. (2009) Realizaron un estudio donde compararon 23 híbridos comerciales bajo condiciones de riego, donde evaluaron altura de planta, excersión, longitud de la panoja, días a floración, incidencia de enfermedades foliares y

rendimiento de grano, de las cuales no se observaron diferencias estadísticas excepto en rendimiento, los mejores rendimientos registrados fueron BIG 735 con 6.34 t ha^{-1} , Vamos 6.05 ha^{-1} y BIG 734 5.69 ha^{-1} .

La nueva variedad de sorgo PERLA-101 desarrollada para el estado de Sinaloa, la cual se deriva de los progenitores una hembra androesteril y un restaurador de la fertilidad masculino, después de un periodo de siete años de evaluación en diferentes localidades durante los ciclos primavera-verano bajo temporal resultó rendir $3,470 \text{ kg ha}^{-1}$ en grano, siendo superior en un 14% a los tres testigos comerciales utilizados. (Hernández et al 2011)

Durante el año 2002, Castillo, realizó un trabajo de investigación en donde evaluó siete genotipos de sorgo para grano en la región de Rio Bravo, tomo en cuenta las variables de días a floración, altura de planta y rendimiento, la media general para altura de planta fue de 116.4 cm , días a floración 82.85 y $7,142.35 \text{ kg ha}^{-1}$ los materiales no mostraron su máximo potencial ya que hubo un periodo extenso de sequia .En el análisis estadístico no se muestra diferencia significativa entre las variedades y en repeticiones, pero el coeficiente de variación mostró en rendimiento un 26.39% lo cual indica que los datos no son confiables.

En un ensayo realizado para rendimiento de grano en híbridos de sorgo bajo condiciones de riego, integrado por 30 híbridos formados por el CEVACU, utilizando como progenitores líneas androesteriles como hembras, y líneas restauradoras de fertilización como machos, sobresalieron seis híbridos rendimiento de grano siendo los materiales: 7AX35R con 7.73 t ha^{-1} , 7AX47R con 7.10 t ha^{-1} , 24AX24R con 6.74 t ha^{-1} , 14AX41R con 6.73 t ha^{-1} , 7AX7R con 6.68 t ha^{-1} y 5AX15R con 6.32 t ha^{-1} respectivamente. (Moreno 2012)

Cisneros et al (2007), evaluaron 32 genotipos de los cuales, 15 eran híbridos, 16 eran sus progenitores (seis pares de líneas A y B, y cuatro líneas R) y la variedad VA-110 de polinización libre, todos estos tolerantes al frio, con un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, en donde el grupo de los nuevos híbridos tolerantes al frio presento mayor peso de 1000 semillas en comparación con los progenitores y a la variedad VA-110.

Aptitud Combinatoria

La aptitud combinatoria es la capacidad de un genotipo (línea consanguínea, individuo o clon) o de una población, de dar descendencia híbrida caracterizada por la alta expresión de un carácter, Ramírez (2006).

Gutiérrez et al. (2004) y Castañon-Najera et al. (2005) mencionan que conocer la aptitud combinatoria de los progenitores, mejora la eficiencia de un programa de mejoramiento. Esto permite seleccionar progenitores con buen comportamiento promedio en una serie de cruzamientos, e identificar combinaciones específicas con un comportamiento superior a lo esperado.

Ramírez (2006), menciona que la Aptitud Combinatoria mide la capacidad para producir heterosis en ciertos caracteres y se mide evaluando el comportamiento del genotipo o población en todos los cruzamientos posibles.

Aptitud Combinatoria General

Gómez y Francisco (2007) mencionan que la aptitud combinatoria general (ACG) es cuando un genotipo produce buenos híbridos en todos los cruzamientos en los que participa y esta es hereditaria a las siguientes generaciones.

La Aptitud Combinatoria General (ACG) determina el desempeño promedio de una línea en sus combinaciones híbridas y determina la porción aditiva de los efectos genéticos, Ávila et al (2012).

Ávila et al. (2012) concluyen que la aptitud combinatoria general (ACG) sirve para definir el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas.

La Aptitud Combinatoria General (ACG) está directamente relacionada con el valor genético del padre y está asociado con efectos genéticos aditivos. Falconer (1989).

Sprague y Tatum, (1942), mencionan que el término Aptitud Combinatoria General (ACG) designa el comportamiento promedio de un material en combinaciones híbridas, y también señalan que la ACG se debe a efectos genéticos aditivos.

Aptitud Combinatoria Específica

La aptitud combinatoria específica (ACE) es el comportamiento esperado sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas. La ACE está relacionada con factores genéticos con efecto no aditivo (dominancia y Epístasis). Se usa para designar aquellos casos en que ciertas combinaciones tienen un comportamiento relativamente mejor o peor de los que se podría esperar basados en el comportamiento promedio (ACG) de las líneas parentales Gómez y Polanco (2007).

La aptitud combinatoria específica (ACE) identifica las mejores combinaciones híbridas donde designa aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen relativamente mejor o peor de lo que podría esperarse, Ávila et al, (2012).

La ACE explica la proporción de la varianza genotípica debida principalmente a efectos de dominancia. Y si el cruzamiento presenta un alto efecto positivo de ACE, su capacidad de rendimiento aumentará (Guerrero et al., 2011).

Griffing (1956), estableció que la Aptitud Combinatoria Especifica ACE, es para designar aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones son relativamente mejores o peores que lo que se podría esperar, sobre la base de comportamiento promedio de las líneas involucradas o parentales.

Sprague y Tatum, (1942), mencionan que la Aptitud Combinatoria Especifica se debe a una acción génica no aditiva como dominancia, epistasis y varias clases de interacción génicas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

El material genético fue constituido por 49 cruzas formadas durante el ciclo primavera – verano 2013 en la localidad Buenavista, Coahuila, entre siete líneas hembras androestériles (A) y siete líneas machos restauradoras de la fertilidad (R) pertenecientes al Programa de Sorgo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN); los progenitores respectivos y tres híbridos comerciales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). En una primera etapa se utilizó el Diseño de Apareamiento Genético Carolina del Norte II (7 x 7) Comstock *et al.* (1949), para ello se usaron dos conjuntos de líneas, el primero funcionó únicamente como macho (líneas “R”), mientras que el segundo como hembra (líneas “A”), donde cada uno de los machos se cruzó con cada una de las hembras, de este apareamiento se obtuvieron 49 híbridos.

La segunda etapa correspondió al establecimiento de ensayos de evaluación de los híbridos. Los 49 híbridos, sus progenitores (líneas B y R) y testigos comerciales se describen en el Cuadro 1

Cuadro 1.0 Híbridos nuevos de sorgo para grano, sus progenitores e híbridos comerciales evaluados en Rio Bravo, Tamaulipas, México, 2014.

No.	Genotipos	No.	Genotipos
1	A92 x 14-3	34	A68 x 21-1
2	A92 x 12 A	35	A68 x Pan 37
3	A92 x 106-2	36	A626 x 14-3
4	A92 x 124-2	37	A626 x 12 A
5	A92 x IA 28	38	A626 x 106-2
6	A92 x 21-1	39	A626 x 124-2
7	A92 x Pan 37	40	A626 x IA 28
8	A98 x 14-3	41	A626 x 21-1
9	A98 x 12 A	42	A626 x Pan 37
10	A98 x 106-2	43	A625 x 14-3
11	A98 x 124-2	44	A625 x 12 A
12	A98 x IA 28	45	A625 x 106-2
13	A98 x 21-1	46	A625 x 124-2
14	A98 x Pan 37	47	A625 x IA 28
15	A96 x 14-3	48	A625 x 21-1
16	A96 x 12 A	49	A625 x Pan 37
17	A96 x 106-2	50	B 92*
18	A96 x 124-2	51	B 98*
19	A96 x IA 28	52	B 96*
20	A96 x 21-1	53	B 16*
21	A96 x Pan 37	54	B 68*
22	A16 x 14-3	55	B 626*
23	A16 x 12 A	56	B 625*
24	A16 x 106-2	57	14-3**
25	A16 x 124-2	58	12 A**
26	A16 x IA 28	59	106-2**
27	A16 x 21-1	60	124-2**
28	A16 x Pan 37	61	IA 28**
29	A68 x 14-3	62	21-1**
30	A68 x 12 A	63	Pan 37**
31	A68 x 106-2	64	RB Norteño (T)
32	A68 x 124-2	65	RB Huasteco (T)
33	A68 x IA 28	66	83 G19 Pioneer (T)

*Línea isogénica (B); **Línea macho (R); T: testigos (híbridos comerciales)

Descripción de la zona de estudio

La formación de los híbridos se llevó a cabo en un diseño dialélico de 7X7 en Buenavista, Saltillo, Coahuila, localizada a los 25° 22´ Latitud Norte y 101° 02´ Longitud Oeste, a una altitud de 1742 msnm, temperatura media anual de 19.8°C, con precipitación promedio de 417.4 mm anuales, www.inegi.org.mx (2012)

La evaluación de campo se realizó en la localidad de Río Bravo, Tamaulipas, el año 2014 en el Centro Experimental INIFAP, ubicado a los 25° 59´ Latitud Norte y 98° 06´ Longitud Oeste, con una altitud de 139 metros sobre el nivel del mar (msnm), una temperatura media anual de 23.5 °C y una precipitación pluvial promedio de 400 mm anuales www.inegi.org.mx (2012).

Diseño de la unidad experimental

El diseño utilizado fue bloques completos al azar (BCA), con tres repeticiones. Las parcelas fueron de 1 surco de 5 metros de largo, a una distancia entre surco de 0.80 m. y la parcela útil constó de 2 m. de longitud.

Manejo del cultivo

Siembra: La siembra se realizó con una sembradora de precisión.

Fertilización: Al momento de la siembra se aplicó la primera fertilización aplicando fosfato monoamónico (MAP) 133 kg ha⁻¹ y Potasio 90 kg ha⁻¹; 45 días después de la emergencia se aplicó 155 kg ha⁻¹ de Urea 46%.

Riego: En la localidad de Río Bravo se aplicó un riego después de la siembra para garantizar la germinación, los riegos se suministraron de acuerdo a los requerimientos del cultivo (fase vegetativa, floración y llenado de grano) y en dependencia a las precipitaciones ocurridas. En Río Bravo, el sistema de riego fue por gravedad.

Control de plagas y malezas: Se realizaron tres aplicaciones de Clorpirifos (nombre comercial: Lorsban 30), para control de Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*). El control de malezas se realizó manualmente a los 20, 40 y 60 días después de la emergencia.

Cosecha: Se cosechó de forma manual, después de la madurez fisiológica.

Variables evaluadas:

Días a 50 % de floración (DF): Se registraron los días transcurridos desde el primer riego hasta la fecha cuando el 50 % de las plantas de la parcela útil estaban liberando polen en un 50% de la panoja.

Altura de planta (AP): Se midió en centímetros desde la base del tallo hasta la punta de la panoja, tomando una muestra de cinco plantas con competencia completa tomadas al azar por unidad experimental, para posteriormente obtener el promedio aritmético.

Longitud de panoja (LP): esta variable consistió en medir en centímetros la distancia de la primera ramilla de la panoja hasta su ápice, sobre cinco plantas al azar de cada unidad experimental.

Excursión de panoja (EP): En una muestra de cinco plantas por unidad experimental se midió la longitud de excursión en centímetros desde la lígula de la hoja bandera hasta la base de la panoja, promediando el valor aritmético de las cinco plantas.

Peso de mil granos (PMG): se tomo una muestra de cinco panojas al azar, se contó una muestra de mil granos y se pesó en gramos, obteniéndose después el promedio aritmético.

Número de granos por panoja (NGP): Se desgranaron cinco panojas tomadas al azar de forma individual y se contabilizó el número de granos por panoja y se obtuvo el promedio aritmético.

Rendimiento de grano (RTO): Se cosechó y pesó cada parcela desgranada y se ajustó al 15% de humedad. La fórmula utilizada para calcular el rendimiento fue la siguiente:

Kg ha^{-1} : $(\text{peca m}^2/\text{A.U}) * 10000 * (100-\% \text{ H})/85$, donde

Kg ha^{-1} : Rendimiento de grano

Peca m^2 : peso de campo de la parcela útil

A.U: es el área de la parcela útil equivalente a 3.2 m^2 .

$(100-\% \text{ H})/85$: humedad de los granos ajustados al 15 % de humedad

Análisis de varianza

El modelo utilizado para realizar el análisis de los datos es el siguiente:

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

Y_{ij} = Valor observado del i-ésimo tratamiento en la J-ésima repetición.

μ = Media general

t_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

e_{ij} = Error experimental

Cuadro 2. Análisis de Varianza

FV	GL	CM	ECM
Repeticiones	r-1		
Tratamientos	t-1	M^2	$\sigma^2 e + r\sigma^2 t$
Error	$(r-1)(t-1)$	m 1	$\sigma^2 e$
Total	$(rt-1)$		

El coeficiente de variación

La fórmula empleada para su cálculo es:

$$C.V. = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{x}} \times 100$$

Donde:

C.V. = Coeficiente de variación.

CMEE = Cuadrado medio del error experimental.

\bar{x} = Media general.

Comparación de medias

Se realizara con el método de diferencia mínima significativa (D.M.S) al 0.05 de probabilidad, para observar el agrupamiento de los genotipos y ordenarlos facilitando el análisis y la comparación de los mismos, la fórmula utilizada fue la siguiente:

$$D.M.S = \frac{ta}{2}, g.l.E.E. \sqrt{\frac{2CMEE}{r}}$$

Análisis estadístico

Se utilizó el diseño de carolina del norte, propuesto por Comstock y Robinson (1948), para las estimaciones de los componentes de la varianza genética, para tal trabajo fueron utilizados 7 machos (líneas "R") con 7 de hembras (líneas "B"). Este diseño hace posibles cruzamientos entre un grupo de individuos macho (m) y un grupo de individuos hembras (h) resultando en total 49 descendientes. Así, cada apareamiento particular produce una familia de hermanos completos, y el grupo de cruza que tienen un progenitor en común, constituye una familia de medios hermanos.

Una ventaja de usar este diseño es que nos permite incluir mayor número de progenitores, aprovechando mejor los recursos, ya que en otros los dialélicos no es posible. Además se pueden estimar dos varianzas aditivas (σ^2_a) en: σ^2_M y σ^2_H .

Para predecir la superioridad en rendimiento de grano de los híbridos en la siguiente generación, es útil el coeficiente de determinación genética el cual nos proporciona información suficiente para tal propósito.

El modelo lineal que sigue el diseño II de carolina del norte es el siguiente

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + H_j + \Phi_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

I= 1,2,... m (machos)

J= 1,2,...h (hembras)

K= 1,2,...r (repeticiones)

Y_{ijk} = observación de cruzamientos entre el i-esimo macho y la j-esima hembra en la k-esima repetición

μ = media general

M_i = efecto del i-esimo macho

H_j = efecto de la i-esima hembra

Φ_{ij} = efecto de la interacción de i-esimo macho con la i-esima hembra.

E_{ijk} = error experimental asociado con la ij-esima cruza en la k-esima repetición.

Cuadro 3. Análisis de Varianza de Diseño II de Carolina del Norte.

F.V	G.L	SC	CM	ECM
M	(m-1)	$\frac{\sum_{i=1}^m Y_{i..}^2}{hr} - \frac{Y_{..}^2}{rhm}$	M5	$\sigma^2 e + r h \sigma^2 M$
H	(h-1)	$\frac{\sum_{j=1}^h Y_{.j}^2}{mr} - \frac{Y_{...}^2}{rhm}$	M4	$\sigma^2 e + r m \sigma^2 H$
H x M	(h-1)(m-1)	$\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^h Y_{ij}^2}{r} - \frac{\sum_{i=1}^m Y_{i..}^2}{rh} - \frac{\sum_{j=1}^h Y_{.j}^2}{rm} + \frac{Y_{...}^2}{rhm}$	M3	$\sigma^2 e + r \sigma^2 H M$
Rep.	(r-1)	$\frac{\sum_{k=1}^r Y_{..k}^2}{mh} - \frac{Y_{...}^2}{rhm}$	M2	$\sigma^2 e + h m \sigma^2 R$
Error	(r-1)(hm-1)	SCT-(SCM+SCH+SCHXM+SCR)	M1	$\sigma^2 e$
Total	Rhm-1	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^h \sum_{k=1}^r Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{rhm}$		

Estimaciones de aptitud combinatoria

Utilizando los datos de la localidad, se estimaron los efectos de la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para los dos grupos y sus cruzas respectivamente y para cada variable, de acuerdo con los principios propuestos por Sprague y Tatum (1942).

$$G_i = y_{i.} - y_{..}$$

$$G_j = Y_{.j} - Y_{..}$$

$$S_{ij} = Y_{ij} - g_i - g_j + Y_{..}$$

Dónde:

G_i, g_j , y S_{ij} = las ACG y ACE respectivamente para los i-machos, j-hembras y sus cruzas

$Y_{i.}$ y $Y_{.j}$ = las medias de los machos y hembras respectivamente.

Y_{ij} = representa el valor observado para la cruce i x j; y la $Y_{..}$ es la media de las i x j cruzas.

La significancia estadística de la diferencia entre las ACGs de las líneas se evaluó mediante la prueba de t o diferencia mínima significativa, como indica Chaudhary y Singh (1979).

$$DMS\alpha = EE \times t(\alpha/2, glee)$$

Dónde:

$DMS\alpha$ = diferencia mínima significativa a una probabilidad α

EE = error estándar para la comparación de medias el cual con m machos, h hembras y r repeticiones equivale a lo siguiente:

$$EE = \sqrt{\frac{2CMEE}{rm}} \text{ para ACG de hembras}$$

$$EE = \sqrt{\frac{2CMEE}{rh}} \text{ para ACG de machos}$$

$T(\alpha/2, glee)$ = valor de las tablas, apropiado a los grados de libertad del error experimental a una probabilidad α .

De esta forma se estimaron y probaron los efectos de la aptitud combinatoria para las variables de este estudio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados y discusión de las variables evaluadas.

El cuadro 4.1 se presenta el análisis de varianza para la característica rendimiento y en el cual se observan diferencias altamente significativas, lo que indica que el comportamiento de los híbridos evaluados fue muy diferente bajo las condiciones ambientales que presento esta localidad en el año de 2014, el coeficiente de variación fue de 27.88 % considerado como alto sin embargo si consideramos que es una característica cuantitativa la cual es controlada por muchos pares de genes y estos son afectados fuertemente por el ambiente lo tomaremos como aceptable. La media general fue de 3,615.82 kg ha⁻¹ la cual es muy buena si sabemos que la media general de la producción de sorgo para grano en Tamaulipas es aproximadamente 3,600.00 kg ha⁻¹. (SIAP- SAGARPA, 2011). Los límites de rendimiento superiores e inferiores son 5,795.20 kg ha⁻¹ – 1,265.90 kg ha⁻¹ respectivamente.

Cuadro 4.1 Análisis de varianza de la variable rendimiento

F.V.	G.L	S.C.	C.M	F.C.
Rep	2	390982.0	195491.0	0.19
Trat	65	199445783.0	3068396.7**	3.02
EE	130	132118704.5	1016297.7	
Total	197	331955469.5		

*, ** Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

C.V. = 27.88%
M.G. = 3,615.82 kg
Rango = 4,529.3 kg
Limite Superior = 5,795.2 kg
Límite Inferior = 1,265.9 kg
Valor de Rango múltiple = 3,481.8

En el cuadro 4.2 se presentan las medias de los 66 genotipos evaluados mostrando 5 grupos estadísticamente diferentes, en el primer grupo se observan los híbridos A92 x 124-2, con un rendimiento de 5,795.2 kg ha⁻¹, en el segundo lugar el híbrido A98 x IA 28 con 5,580.3 kg ha⁻¹ y en el tercer lugar el híbrido A98 x 14-3 con 5,315.9 kg ha⁻¹, estos tres híbridos experimentales se encuentran por encima de los testigos comerciales, el primero de ellos es el 83 G19 Pionner (T) con 5,308.1 kg ha⁻¹ que se encuentra en el cuarto lugar, durante el año 2002, Castillo, realizo un trabajo de investigación en donde evaluó siete genotipos de sorgo para grano en la región de Rio Bravo, donde reporta rendimientos de 7,142.35 kg ha⁻¹ debido a las condiciones ambientales, probablemente por fecha de siembra diferentes, esto nos indica que los híbridos experimentales mencionados tienen buen potencial de rendimiento en esta localidad comparados con los testigos comerciales, las líneas progenitoras, por términos generales rindieron menos que los híbridos.

Cuadro 4.2 Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable rendimiento

No.	TRATAMIENTO	GENEALOGIA	MEDIA	GRUPOS
1	4	A92 x 124-2	5795.2	A
2	12	A98 x IA 28	5580.3	AB
3	8	A98 x 14-3	5315.9	ABC
4	66	83 G19Pionner(T)	5308.1	ABC
5	18	A96 x 124-2	5136.2	ABCD
6	26	A16 x IA 28	4847.0	ABCD
7	37	A626 x 12 A	4843.4	ABCD
8	2	A92 x 12 A	4768.5	ABCD
9	21	A96 x Pan 37	4727.8	ABCDE
10	11	A98 x 124-2	4675.5	ABCDE
11	22	A16 x 14-3	4629.0	ABCDE
12	33	A68 x IA 28	4542.7	ABCDE
13	7	A92 x Pan 37	4461.4	ABCDE
14	15	A96 x 14-3	4407.6	ABCDE
15	14	A98 x Pan 37	4396.9	ABCDE

16	40	A626 x IA 28	4346.5	ABCDE
17	64	RB Norteño (T)	4345.0	ABCDE
18	5	A92 x IA 28	4296.0	ABCDE
19	28	A16 x Pan 37	4275.4	ABCDE
20	32	A68 x 124-2	4257.3	ABCDE
21	24	A16 x 106-2	4196.2	ABCDE
22	20	A96 x 21-1	4176.3	ABCDE
23	29	A68 x 14-3	4160.9	ABCDE
24	36	A626 x 14-3	4130.0	ABCDE
25	10	A98 x 106-2	3963.5	ABCDE
26	42	A626 x Pan 37	3954.1	ABCDE
27	1	A92 x 14-3	3884.8	ABCDE
28	47	A625 x IA 28	3815.0	ABCDE
29	48	A625 x 21-1	3793.9	ABCDE
30	39	A626 x 124-2	3763.0	ABCDE
31	44	A625 x 12 A	3751.4	ABCDE
32	16	A96 x 12 A	3727.8	ABCDE
33	25	A16 x 124-2	3659.1	ABCDE
34	30	A68 x 12 A	3646.6	ABCDE
35	27	A16 x 21-1	3535.2	ABCDE
36	31	A68 x 106-2	3509.0	ABCDE
37	57	14-3**	3423.4	ABCDE
38	9	A98 x 12 A	3375.7	ABCDE
39	19	A96 x IA 28	3363.4	ABCDE
40	52	B 96*	3343.6	ABCDE
41	6	A92 x 21-1	3320.4	ABCDE
42	38	A626 x 106-2	3291.7	ABCDE
43	58	12 A**	3261.8	ABCDE
44	17	A96 x 106-2	3246.4	ABCDE
45	23	A16 x 12 A	3240.3	ABCDE
46	13	A98 x 21-1	3220.9	ABCDE
47	43	A625 x 14-3	3164.9	ABCDE
48	41	A626 x 21-1	3147.4	ABCDE
49	34	A68 x 21-1	3105.7	ABCDE
50	61	IA 28**	3073.4	ABCDE
51	62	21-1**	2949.8	ABCDE
52	65	RBHuasteco(T)	2894.3	ABCDE
53	3	A92 x 106-2	2830.3	ABCDE
54	50	B 92*	2821.3	ABCDE
55	51	B 98*	2759.6	ABCDE
56	46	A625 x 124-2	2639.3	ABCDE
57	55	B 626*	2620.1	ABCDE
58	60	124-2**	2429.8	ABCDE
59	35	A68 x Pan 37	2213.9	BCDE
60	56	B 625*	2072.1	CDE
61	45	A625 x 106-2	2067.4	CDE
62	54	B 68*	1965.7	CDE
63	59	106-2**	1915.8	CDE
63	49	A625 x Pan 37	1700.1	DE
65	63	Pan 37**	1279.4	E
66	53	B 16*	1265.9	E

*Progenitor hembra, ** Progenitor macho

En el cuadro 4.3 se muestra el análisis de varianza de la variable de peso de mil granos el cual indica que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos, el coeficiente de variación fue de 9.68% proporcionando confiabilidad los datos obtenidos, la media general fue de 25.500 gramos, los límites son 33.033

gramos el superior y 16.633 gramos el inferior, y un rango de 16.4 gramos, mostrando que existe una gran variabilidad entre los materiales probados, razón por la cual existen diferencias altamente significativas entre ellos. El coeficiente de variación fue de 9.68 % el cual es bueno ya que le da confiabilidad a los resultados obtenidos.

Cuadro 4.3 Análisis de varianza de la variable peso de mil granos

F.V.	G.L	S.C.	C.M	F.C.
Repeticiones	2	48.643737	24.321869	3.98
Tratamientos	65	2497.680404	38.425852**	6.29
Error	130	793.862929	6.106638	
Total	197	3340.187071		

*, ** Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

C.V. = 9.68%

M.G. = 25.50 gramos

Rango = 16.4 gramos

Limite Superior = 33.033 gramos

Límite Inferior = 16.633 gramos

Valor de Rango múltiple = 8.5349

En el cuadro 4.4 se presentan las medias de esta variable, las cuales están divididas en 14 grupos, en donde se observa que el híbrido que presentó mayor peso fue el A16 x Pan 37 con 33.033 gr, siendo superior a los testigos comerciales, el primero de ellos se encuentra en el lugar 22, con un peso de 27.400 gr. Se puede observar que dentro de los diez primeros lugares, el progenitor masculino Pan 37 aparece 4 veces, siendo probable que esta línea confiera a sus cruzas genes favorables para esta característica, lo mismo sucede con las líneas macho, 12 A y 124-2. Resultados similares en cuanto a las medias, son reportados por Morales (2013) y Galván (2004). El híbrido A92 x 124-2 ocupa el primer lugar en cuanto a rendimiento, y en el peso de 1000 granos se encuentra dentro del primer grupo en el noveno lugar.

Cuadro 4.4 Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable peso de mil granos

No.	TRATAMIENTO	GENEALOGIA	MEDIA(gr)	GRUPOS
1	28	A16 x Pan 37	33.033	A
2	14	A98 x Pan 37	32.233	AB
3	25	A16 x 124-2	31.467	ABC
4	7	A92 x Pan 37	31.267	ABC
5	2	A92 x 12 A	30.433	ABCD
6	9	A98 x 12 A	30.233	ABCDE
7	49	A625 x Pan 37	29.967	ABCDEF
8	16	A96 x 12 A	29.933	ABCDEF
9	4	A92 x 124-2	29.433	ABCDEFG
10	11	A98 x 124-2	29.333	ABCDEFGH
11	6	A92 x 21-1	29.233	ABCDEFGH
12	27	A16 x 21-1	28.900	ABCDEFGHI
13	42	A626 x Pan 37	28.833	ABCDEFGHI
14	13	A98 x 21-1	28.767	ABCDEFGHIJ
15	22	A16 x 14-3	28.467	ABCDEFGHIJ
16	24	A16 x 106-2	28.433	ABCDEFGHIJK
17	23	A16 x 12 A	28.433	ABCDEFGHIJK
18	21	A96 x Pan 37	28.167	ABCDEFGHIJKL
19	63	Pan 37**	27.833	ABCDEFGHIJKL
20	52	B 96*	27.700	ABCDEFGHIJKL
21	35	A68 x Pan 37	27.500	ABCDEFGHIJKL
22	64	RB Norteño (T)	27.400	ABCDEFGHIJKL
23	26	A16 x IA 28	27.133	ABCDEFGHIJKL
24	53	B 16*	27.033	ABCDEFGHIJKL
25	20	A96 x 21-1	26.833	ABCDEFGHIJKL
26	58	12 A**	26.767	ABCDEFGHIJKL
27	10	A98 x 106-2	26.733	ABCDEFGHIJKL
28	3	A92 x 106-2	26.633	ABCDEFGHIJKLM
29	66	83 G19Pionner(T)	26.600	ABCDEFGHIJKLM
30	51	B 98*	26.467	ABCDEFGHIJKLM
31	37	A626 x 12 A	26.200	ABCDEFGHIJKLM
32	18	A96 x 124-2	25.833	ABCDEFGHIJKLM
33	41	A626 x 21-1	25.700	ABCDEFGHIJKLM
34	65	RB Huasteco(T)	25.467	ABCDEFGHIJKLM
35	30	A68 x 12 A	25.200	ABCDEFGHIJKLM
36	34	A96 x 21-1	25.100	ABCDEFGHIJKLMN
37	17	A98 x 106-2	24.800	ABCDEFGHIJKLMN
38	32	A68 x 124-2	24.767	ABCDEFGHIJKLMN
39	47	A625 x IA 28	24.567	ABCDEFGHIJKLMN
40	44	A625 x 12 A	24.533	ABCDEFGHIJKLMN
41	19	A96 x IA 28	24.500	ABCDEFGHIJKLMN
42	8	A98 x 14-3	24.400	ABCDEFGHIJKLMN
43	62	21-1**	24.333	BCDEFGHIJKLMN
44	61	IA 28**	24.100	BCDEFGHIJKLMN
45	12	A98 x IA 28	24.100	BCDEFGHIJKLMN
46	1	A92 x 14-3	24.000	BCDEFGHIJKLMN
47	5	A92 x IA 28	23.800	BCDEFGHIJKLMN
48	39	A626 x 124-2	23.400	CDEFGHIJKLMN
49	31	A68 x 106-2	22.533	DEFGHIJKLMN
50	15	A96 x 14-3	22.500	DEFGHIJKLMN
51	60	124-2**	22.467	DEFGHIJKLMN
52	38	A626 x 106-2	22.467	DEFGHIJKLMN
53	56	B 625*	22.333	DEFGHIJKLMN
54	48	A625 x 21-1	21.867	EFGHIJKLMN
55	50	B 92*	21.767	EFGHIJKLMN

56	46	A625 x 124-2	21.700	EFGHIJKLMN
57	54	B 68*	21.600	FGHIJKLMN
58	45	A625 x 106-2	21.167	GHIJKLMN
59	29	A68 x 14-3	21.100	GHIJKLMN
60	59	106-2**	20.867	HIJKLMN
61	57	14-3**	20.567	IJKLMN
62	40	A626 x IA 28	20.233	JKLMN
63	33	A68 x IA 28	19.900	KLMN
63	43	A625 x 14-3	19.733	LMN
65	36	A626 x 14-3	18.100	MN
66	55	B 626*	16.633	N

*Progenitor hembra, ** Progenitor macho

En el cuadro 4.5 se observa el análisis de varianza de la variable número de granos por panoja, el cual indica que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 23.60% mostrándose por encima de lo indicado para considerar que los resultados obtenidos son confiables. Una media general de 1766.768 granos, el límite superior con 3135.3 granos y el inferior con 766.7 granos y existiendo un rango de 2368.6 granos, mostrando una gran variabilidad, por lo que el análisis muestra en la fuente de variación tratamientos, diferencias altamente significativas.

Cuadro 4.5 Análisis de varianza de la variable número de granos por panoja

F.V.	G.L	S.C.	C.M	F.C.
Repeticiones	2	239902.59	119951.29	0.69
Tratamientos	65	49302839.98	758505.23**	4.36
Error	130	22613602.75	173950.79	
Total	197	72156345.31		

*, ** Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

C.V. = 23.60%

M.G. = 1,766.768 granos

Rango = 2,368.6 granos

Límite Superior = 3,135.3 granos

Límite Inferior = 766.7 granos

Valor de Rango múltiple = 1,440.5

En el cuadro 4.6 se muestran las medias presentándose en 7 grupos estando en el primer grupo el híbrido A68 x IA 28 con una media de 3135.3 granos

por panoja, este progenitor masculino aparece en tres cruzas dentro de los primeros nueve lugares, siendo el A98 x IA28 el que ocupa el segundo lugar en rendimiento, también sobresalen los progenitores macho14-3 y 12A, pero esto no indica que sea entre mayor numero de granos por panoja va a ser el de mayor rendimiento, ya que existen otros híbridos que tienen menor número de granos y por consiguiente están más pesados. Galván (2004) reporta correlaciones negativas entre rendimiento y peso de 1000 granos esto explica los resultados obtenidos.

Cuadro 4.6 Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable Numero de granos por Panoja

No.	TRATAMIENTO	GENEALOGIA	MEDIA	GRUPOS
1	33	A68 x IA 28	3135.3	A
2	43	A625 x 14-3	3095.3	AB
3	29	A68 x 14-3	2866.0	ABC
4	12	A98 x IA 28	2685.0	ABCD
5	36	A626 x 14-3	2528.3	ABCDE
6	44	A625 x 12 A	2432.3	ABCDE
7	46	A625 x 124-2	2418.3	ABCDE
8	47	A625 x IA 28	2384.7	ABCDEF
9	28	A16 x Pan 37	2299.7	ABCDEF
10	5	A92 x IA 28	2283.0	ABCDEF
11	48	A625 x 21-1	2281.3	ABCDEF
12	32	A68 x 124-2	2167.0	ABCDEF
13	40	A626 x IA 28	2111.0	ABCDEF
14	7	A92 x Pan 37	2100.7	ABCDEF
15	31	A68 x 106-2	2098.0	ABCDEF
16	15	A96 x 14-3	2086.7	ABCDEF
17	1	A92 x 14-3	2076.3	ABCDEF
18	25	A16 x 124-2	2069.7	ABCDEF
19	14	A98 x Pan 37	2056.3	ABCDEF
20	19	A96 x IA 28	2046.0	ABCDEF
21	45	A625 x 106-2	1982.3	ABCDEF
22	13	A98 x 21-1	1963.3	ABCDEF
23	4	A92 x 124-2	1955.0	ABCDEF
24	21	A96 x Pan 37	1953.3	ABCDEF
25	42	A626 x Pan 37	1907.0	ABCDEF
26	11	A98 x 124-2	1846.0	ABCDEF
27	18	A96 x 124-2	1836.3	ABCDEF
28	8	A98 x 14-3	1836.3	ABCDEF
29	24	A16 x 106-2	1824.7	ABCDEF
30	20	A96 x 21-1	1809.7	ABCDEF
31	54	B 68*	1807.7	ABCDEF
32	38	A626 x 106-2	1776.0	ABCDEF
33	30	A68 x 12 A	1757.3	ABCDEF
34	61	IA 28**	1703.7	ABCDEF
35	37	A626 x 12 A	1685.0	BCDEF
36	50	B 92*	1669.0	BCDEF
37	3	A92 x 106-2	1649.0	CDEF
38	26	A16 x IA 28	1613.7	CDEF
39	41	A626 x 21-1	1586.0	CDEF
40	57	14-3**	1569.3	CDEF
41	39	A626 x 124-2	1565.0	CDEF

42	6	A92 x 21-1	1552.7	CDEFGH
43	34	A68 x 21-1	1544.0	CDEFGH
44	27	A16 x 21-1	1494.3	CDEFGH
45	2	A92 x 12 A	1477.3	CDEFGH
46	17	A96 x 106-2	1455.3	CDEFGH
47	60	124-2**	1451.0	CDEFGH
48	10	A98 x 106-2	1439.3	CDEFGH
49	35	A68 x Pan 37	1435.3	CDEFGH
50	55	B 626*	1435.3	CDEFGH
51	22	A16 x 14-3	1375.0	DEFGH
52	62	21-1**	1343.3	DEFGH
53	66	83 G19 Pionner(T)	1309.0	DEFGH
54	56	B 625*	1273.3	DEFGH
55	53	B 16*	1251.3	DEFGH
56	9	A98 x 12 A	1246.7	DEFGH
57	59	106-2**	1226.7	EFGH
58	23	A16 x 12 A	1226.3	EFGH
59	64	RB Norteño (T)	1221.7	EFGH
60	65	RB Huasteco(T)	1205.0	EFGH
61	16	A96 x 12 A	1201.7	EFGH
62	58	12 A**	1188.3	EFGH
63	49	A625 x Pan 37	1105.7	EFGH
63	52	B 96*	958.7	FGH
65	51	B 98*	906.0	GH
66	63	Pan 37**	766.7	H

*Progenitor hembra, ** Progenitor macho

En cuadro 4.7 se muestra el análisis de varianza realizado para la variable de longitud de panoja, donde se observan diferencias altamente significativa en el cuadrado medio de la fuente de variación de tratamiento, el coeficiente de variación fue de 9.31%, lo que da gran confiabilidad a los resultados obtenidos. La media general de tratamientos fue de 26.95 cm. con un límite superior de 39.20cm y un límite inferior de 16.60 cm, con un rango de 22.6 cm.

Cuadro 4.7 Análisis de varianza de la variable longitud de panoja

F.V.	G.L	S.C.	C.M	F.C.
Repeticiones	2	50.774646	25.387323	4.03
Tratamiento	65	3294.995556	50.692239**	8.04
Error	130	819.938687	6.307221	
Total	197	4165.708889		

*, ** Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

C.V. = 9.31%

M.G. = 26.95 cm

Rango = 22.6 cm

Límite Superior = 39.20 cm

Límite inferior = 16.60 cm

Valor de Rango múltiple = 8.6739

En el cuadro 4.8 se muestran las medias de los 66 materiales, las cuales se divide en 13 grupos en los que destacan B 68* con 39.200 cm. en el primer grupo, este progenitor femenino aparece cuatro veces en combinaciones híbridas, en los primeros nueve lugares. Así mismo la línea A 625 aparece cuatro veces, dentro del mismo grupo de nueve, la cual como línea se encuentra en el segundo grupo con una longitud de 29.033 cm. los híbridos A68 x IA28 y A68 x 14-3 ocupan el segundo y tercer lugar en cuanto a longitud de panoja, y el primero y segundo lugar en cuanto a número de granos por panoja respectivamente, esto se debe a que existe una correlación positiva entre estas dos variables, es decir, que a mayor tamaño de panoja, mayor será el número de granos que presenten, esto coincide con lo reportado por Gutiérrez (2014).

Cuadro 4.8 Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable longitud de panoja

No.	TRATAMIENTO	GENEALOGIA	MEDIA (cm)	GRUPOS
1	54	B 68*	39.200	A
2	33	A68 x IA 28	36.400	AB
3	29	A68 x 14-3	36.000	ABC
4	43	A625 x 14-3	34.000	ABCD
5	31	A68 x 106-2	32.833	ABCDE
6	32	A68 x 124-2	32.800	ABCDE
7	44	A625 x 12 A	32.033	ABCDEF
8	45	A625 x 106-2	31.867	ABCDEFG
9	48	A625 x 21-1	31.800	ABCDEFG
10	62	21-1**	31.667	ABCDEFG
11	30	A68 x 12 A	31.467	ABCDEF GH
12	46	A625 x 124-2	29.800	BCDEFGHI
13	65	RB Huasteco(T)	29.733	BCDEFGHI
14	18	A96 x 124-2	29.467	BCDEFGHI
15	35	A68 x Pan 37	29.267	BCDEFGHI
16	56	B 625*	29.033	BCDEFGHIJ
17	2	A92 x 12 A	28.933	BCDEFGHIJ
18	11	A98 x 124-2	28.800	BCDEFGHIJ
19	34	A68 x 21-1	28.667	BCDEFGHIJ
20	39	A626 x 124-2	28.600	BCDEFGHIJ
21	19	A96 x IA 28	28.600	BCDEFGHIJ

22	47	A625 x IA 28	28.400	BCDEFGHIJ
23	36	A626 x 14-3	28.000	CDEFGHIJK
24	40	A626 x IA 28	27.667	CDEFGHIJK
25	5	A92 x IA 28	27.567	CDEFGHIJK
26	58	12 A**	27.500	CDEFGHIJK
27	23	A16 x 12 A	27.400	CDEFGHIJK
28	6	A92 x 21-1	27.267	DEFGHIJK
29	38	A626 x 106-2	27.000	DEFGHIJK
30	49	A625 x Pan 37	26.933	DEFGHIJK
31	66	83 G19 Pionner(T)	26.700	DEFGHIJK
32	59	106-2**	26.600	DEFGHIJK
33	9	A98 x 12 A	26.467	DEFGHIJK
34	3	A92 x 106-2	26.467	DEFGHIJK
35	26	A16 x IA 28	26.467	DEFGHIJK
36	25	A16 x 124-2	26.400	DEFGHIJK
37	16	A96 x 12 A	26.033	DEFGHIJKL
38	4	A92 x 124-2	25.933	DEFGHIJKL
39	28	A16 x Pan 37	25.800	DEFGHIJKL
40	37	A626 x 12 A	25.767	DEFGHIJKL
41	1	A92 x 14-3	25.533	DEFGHIJKL
42	12	A98 x IA 28	25.533	DEFGHIJKL
43	8	A98 x 14-3	25.533	DEFGHIJKL
44	15	A96 x 14-3	25.467	DEFGHIJKL
45	13	A98 x 21-1	25.400	DEFGHIJKL
46	41	A626 x 21-1	25.267	EFGHIJKLM
47	20	A96 x 21-1	25.267	EFGHIJKLM
48	27	A16 x 21-1	25.200	EFGHIJKLM
49	57	14-3**	25.133	EFGHIJKLM
50	42	A626 x Pan 37	24.733	EFGHIJKLM
51	22	A16 x 14-3	24.733	EFGHIJKLM
52	7	A92 x Pan 37	24.667	EFGHIJKLM
53	60	124-2**	24.067	FGHIJKLM
54	24	A16 x 106-2	24.000	FGHIJKLM
55	14	A98 x Pan 37	23.933	FGHIJKLM
56	10	A98 x 106-2	23.800	FGHIJKLM
57	50	B 92*	23.267	GHIJKLM
58	61	IA 28**	22.967	HIJKLM
59	17	A96 x 106-2	22.667	IJKLM
60	55	B 626*	22.567	IJKLM
61	53	B 16*	22.033	IJKLM
62	64	RB Norteño (T)	21.833	IJKLM
63	21	A96 x Pan 37	20.467	JKLM
63	52	B 96*	19.600	KLM
65	51	B 98*	17.467	LM
66	63	Pan 37**	16.600	M

*Progenitor hembra, ** Progenitor macho

En el cuadro 4.9 se presenta el análisis de varianza de la variable excersion de panoja, la cual presenta diferencias altamente significativas para la fuente de variación tratamientos, esto indica que esta variable presenta grandes diferencias entre los materiales en estudio. El coeficiente de variación fue de 38.80%, con una media de 8.07cm, teniendo como teniendo límite superior 16.533cm, y un límite inferior de 0.067cm, un rango de 16.46 cm. el coeficiente de variación se considera muy alto, esto es probable, debido a que esta característica se ve muy influenciada por efecto del medio ambiente (Aragón 2004), cualquier cambio en densidad, fertilización, riego etc., hace que cambie su expresión.

Cuadro 4.9 Análisis de varianza de la variable excersion de panoja

F.V.	G.L	S.C.	C.M	F.C.
Repeticiones	2	268.828586	134.414293	13.70
Tratamiento	65	4146.670101	63.794925**	6.50
Erros	130	1275.011414	9.807780	
Total	197	5690.510101		

*, ** Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

C.V. = 38.80 %

M.G. = 8.07 cm

Rango = 16.466 cm

Límite Superior = 16.533 cm

Límite inferior = 0.067 cm

Valor de Rango múltiple = 10.816

En el cuadro 5.0 se presentan 10 grupos, los híbridos experimentales A96 x 12 A y A92 X 124-2 ocupan el primero y segundo lugar, con 16.533cm y 16.100 cm respectivamente, valores muy aceptables, en este mismo grupo se encuentran los tres testigos comerciales. Esta característica es importante porque permite tener cosechas limpias de impurezas, además los materiales que presentan poca excersión son susceptibles de podredumbre en la parte basal de la panoja, sobre todo en lugares donde hay precipitaciones abundantes, causando pérdidas por este concepto. Loya (1986), menciona que esto es muy importante porque permite una

cosecha limpia, y que por términos generales todos los híbridos comerciales deben presentar buena excersión.

Cuadro 5.0 Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable excersion de panoja

No.	TRATAMIENTO	GENEALOGIA	MEDIA (cm)	GRUPOS
1	16	A96 x 12 A	16.533	A
2	4	A92 x 124-2	16.100	AB
3	64	RB Norteño (T)	16.000	AB
4	27	A16 x 21-1	15.800	AB
5	20	A96 x 21-1	15.067	ABC
6	60	124-2**	14.933	ABC
7	66	83G19Pionner(T)	14.133	ABCD
8	9	A98 x 12 A	13.533	ABCDE
9	65	RBHuasteco(T)	13.400	ABCDE
10	50	B 92*	13.400	ABCDE
11	51	B 98*	13.200	ABCDEF
12	39	A626 x 124-2	13.167	ABCDEF
13	18	A96 x 124-2	12.500	ABCDEFG
14	13	A98 x 21-1	12.267	ABCDEFG
15	25	A16 x 124-2	11.600	ABCDEFGH
16	41	A626 x 21-1	11.467	ABCDEFGH
17	58	12 A**	11.467	ABCDEFGH
18	23	A16 x 12 A	11.133	ABCDEFGHI
19	2	A92 x 12 A	10.667	ABCDEFGHIJ
20	37	A626 x 12 A	10.567	ABCDEFGHIJ
21	34	A68 x 21-1	10.533	ABCDEFGHIJ
22	52	B 96*	10.533	ABCDEFGHIJ
23	22	A16 x 14-3	10.500	ABCDEFGHIJ
24	48	A625 x 21-1	10.400	ABCDEFGHIJ
25	28	A16 x Pan 37	10.333	ABCDEFGHIJ
26	53	B 16*	10.067	ABCDEFGHIJ
27	30	A68 x 12 A	10.000	ABCDEFGHIJ
28	62	21-1**	9.933	ABCDEFGHIJ
29	5	A92 x IA 28	9.933	ABCDEFGHIJ
30	1	A92 x 14-3	9.933	ABCDEFGHIJ
31	14	A98 x Pan 37	9.067	ABCDEFGHIJ
32	32	A68 x 124-2	8.467	ABCDEFGHIJ
33	11	A98 x 124-2	8.333	ABCDEFGHIJ
34	17	A96 x 106-2	8.133	ABCDEFGHIJ
35	3	A92 x 106-2	8.000	ABCDEFGHIJ
36	6	A92 x 21-1	8.000	ABCDEFGHIJ
37	26	A16 x IA 28	7.867	ABCDEFGHIJ
38	8	A98 x 14-3	7.400	ABCDEFGHIJ
39	24	A16 x 106-2	6.933	ABCDEFGHIJ

40	47	A625 x IA 28	6.533	ABCDEFGHJIJ
41	15	A96 x 14-3	6.467	ABCDEFGHJIJ
42	21	A96 x Pan 37	6.400	ABCDEFGHJIJ
43	7	A92 x Pan 37	6.167	ABCDEFGHJIJ
44	12	A98 x IA 28	6.000	ABCDEFGHJIJ
45	44	A625 x 12 A	6.000	ABCDEFGHJIJ
46	19	A96 x IA 28	5.733	ABCDEFGHJIJ
47	40	A626 x IA 28	5.533	BCDEFGHJIJ
48	42	A626 x Pan 37	5.400	BCDEFGHJIJ
49	36	A626 x 14-3	4.467	CDEFGHJIJ
50	35	A68 x Pan 37	4.400	CDEFGHJIJ
51	10	A98 x 106-2	3.800	DEFGHJIJ
52	38	A626 x 106-2	3.667	DEFGHJIJ
53	29	A68 x 14-3	3.333	DEFGHJIJ
54	33	A68 x IA 28	3.267	EFGHJIJ
55	55	B 626*	3.067	EFGHJIJ
56	49	A625 x Pan 37	2.400	FGHJIJ
57	59	106-2**	2.000	GHIJ
58	54	B 68*	1.733	GHIJ
59	46	A625 x 124-2	1.733	GHIJ
60	63	Pan 37**	1.200	HIJ
61	31	A68 x 106-2	0.933	HIJ
62	56	B 625*	0.867	HIJ
63	45	A625 x 106-2	0.800	HIJ
63	43	A625 x 14-3	0.467	IJ
65	57	14-3**	0.133	J
66	61	IA 28**	0.067	J

*Progenitor hembra, ** Progenitor macho

En el análisis de varianza presentado en el cuadro 5.1 para la variable de altura de planta, se muestran diferencias altamente significativas entre tratamientos, esto indica que los materiales evaluados presentan alturas variables. El coeficiente de variación fue de 8.91%, considerado como muy confiable, la media general fue de 147.51cm, teniendo límite superior 258.27cm y límite inferior de 84.70 cm , el rango fue de 173.57 cm .

Cuadro 5.1 Análisis de varianza de la variable altura de planta

F.V.	G.L	S.C.	C.M	F.C.
Repeticiones	2	323.7301	161.8651	0.94
Tratamiento	65	222643.6549	3425.2870**	19.82
Error	130	22466.0166	172.8155	
Total	197	245433.4016		

*, ** Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

C.V. = 8.91 %

M.G. = 147.5172 cm

Rango = 173.57 cm

Limite Superior = 258.27 cm

Límite inferior = 84.70 cm

Valor de Rango múltiple = 45.403

En el cuadro 5.2 se muestran las medias de altura de planta, el cual está dividido en 10 grupos, en este cuadro se observa que los primeros ocho materiales que presentan las mayores alturas, tienen como progenitor macho a la línea restauradora Pan 37, esto significa que este progenitor confiere altura a las híbridos en los cuales interviene, estas alturas no son convenientes para materiales destinados a usarse como productores de grano, ya que su altura dificultaría la cosecha mecánica, resultados similares reporta Zavala (2013), usando el mismo progenitor macho, sin embargo; no se pueden descartar como híbridos que puedan ser explotados como forrajeros. Además se observa que los siguientes híbridos que tienen como progenitor masculino a las líneas 124-2 y 12A, forman parte de los híbridos siguientes, cuyas alturas varían de 146.67cm a 171.73 cm, que aunque son altas, se consideran como aceptables en híbridos para grano, además el híbrido A92 x 124-2 es el que presenta mayor rendimiento con altura de 166.57 cm, también destacan los híbridos A626 x 12A con 148.50cm. y el A92 x 12A con 147.33cm., dentro de los ocho mas rendidores para grano.

Cuadro 5.2 Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable altura de planta

No.	TRATAMIENTO	GENEALOGIA	MEDIA (cm)	GRUPOS
1	49	A625 x Pan 37	258.27	A
2	35	A68 x Pan 37	242.00	A
3	42	A626 x Pan 37	231.73	A
4	28	A16 x Pan 37	228.73	A
5	14	A98 x Pan 37	227.87	A
6	7	A92 x Pan 37	222.27	AB
7	21	A96 x Pan 37	220.00	AB
8	63	Pan 37**	181.07	BC
9	11	A98 x 124-2	171.73	CD
10	32	A68 x 124-2	171.53	CD
11	18	A96 x IA 28	168.87	CDE
12	4	A92 x 124-2	166.57	CDEF
13	39	A626 x 124-2	164.93	CDEFG
14	37	A626 x 12 A	148.50	CDEFGH
15	9	A98 x 12 A	148.13	CDEFGH
16	2	A92 x 12 A	147.33	CDEFGH
17	16	A96 x 12 A	146.67	CDEFGH
18	17	A96 x 106-2	144.27	CDEFGH
19	30	A68 x 12 A	144.13	CDEFGH
20	44	A625 x 12 A	143.87	CDEFGH
21	25	A16 x 124-2	143.73	CDEFGH
22	48	A625 x 21-1	143.33	CDEFGH
23	24	A16 x 106-2	143.27	CDEFGH
24	55	B 626*	143.20	CDEFGH
25	3	A92 x 106-2	142.33	CDEFGH
26	46	A625 x 124-2	142.27	CDEFGH
27	22	A16 x 14-3	141.07	CDEFGH
28	12	A98 x IA 28	141.00	CDEFGH
29	29	A68 x 14-3	140.47	CDEFGH
30	10	A98 x 106-2	140.40	CDEFGH
31	8	A98 x 14-3	140.40	CDEFGH
32	34	A68 x 21-1	139.73	CDEFGH
33	64	RB Norteño (T)	139.60	CDEFGH
34	38	A626 x 106-2	139.50	CDEFGH
35	60	124-2**	139.47	CDEFGH
36	58	12 A**	138.87	CDEFGH
37	59	106-2**	137.47	CDEFGH
38	26	A16 x IA 28	136.80	CDEFGH
39	20	A96 x 21-1	136.73	CDEFGH
40	13	A98 x 21-1	136.53	CDEFGH
41	47	A625 x IA 28	135.47	DEFGH
42	45	A625 x 106-2	135.07	DEFGH
43	65	RBHuasteco(T)	135.00	DEFGH

44	43	A625 x 14-3	134.60	DEFGH
45	15	A96 x 14-3	133.80	DEFGH
46	33	A68 x IA 28	133.20	DEFGH
47	31	A68 x 106-2	132.87	DEFGH
48	40	A626 x IA 28	132.20	DEFGH
49	51	B 98*	131.73	DEFGH
50	19	A96 x IA 28	131.47	DEFGH
51	66	83G19 Pionner(T)	131.40	DEFGH
52	52	B 96*	130.27	DEFGHI
53	23	A16 x 12 A	129.93	DEFGHIJ
54	5	A92 x IA 28	129.40	DEFGHIJ
55	27	A16 x 21-1	128.60	DEFGHIJ
56	62	21-1**	127.33	DEFGHIJ
57	36	A626 x 14-3	126.53	DEFGHIJ
58	41	A626 x 21-1	125.20	EFGHIJ
59	1	A92 x 14-3	123.93	EFGHIJ
60	53	B 16*	123.13	FGHIJ
61	50	B 92*	120.33	GHIJ
62	6	A92 x 21-1	118.73	HIJ
63	54	B 68*	118.33	HIJ
63	56	B 625*	112.93	HIJ
65	57	14-3**	85.33	IJ
66	61	IA 28**	84.70	J

*Progenitor hembra, ** Progenitor macho

En el cuadro 5.3 del análisis de varianza para la variable de días a floración se observan diferencias altamente significativas en la fuente de variación tratamientos, lo cual nos indica que existe altas diferencias en los materiales evaluados en ese ambiente, que indica que entre los materiales existente tanto como tardíos, como fue la línea macho Pan 37** y precoces como la línea macho (R) 12 A**. El coeficiente de variación fue de 3.86%, porcentaje que proporciona una gran confiabilidad en los resultados, la media general fue de 79.40 días a floración, con un límite superior de 85.00 días, y el inferior de 71.00, el rango fue de 14.00 días. Resultados similares son reportados por Galván (2004).

Cuadro 5.3 Análisis de varianza de la variable 50 % días a floración

F.V.	G.L	S.C.	C.M	F.C.
Repeticiones	2	23.757576	11.878788	1.26
Tratamiento	65	2195.863636	33.782517**	3.58
Error	130	1226.242424	9.432634	
Total	197	3445.863636		

, ** Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

C.V. = 3.86 %

M.G. = 79.40 días

Rango = 14 días

Limite Superior = 85.0 días

Límite inferior = 71.0 días

Valor de Rango múltiple = 10.607

En el cuadro 5.3 se muestran las medias de días a floración, en el cual existen 3 grupos, lo cual nos indica que se pueden dividir en tres categorías distintas, tardíos, intermedios y precoces, los híbridos del primer grupo son los más tardíos siendo Pan 37** con 85 días a floración el que presenta más días, y el más precoz corresponde también a una línea restauradora 12 A** con 71 días a floración. Esta característica es importante porque en algunas regiones se siembran dos ciclos por año, por lo que los productores prefieren materiales intermedios y precoces. Dentro de los nueve materiales con más rendimiento, se encuentran cinco con floraciones menores de 80 días, que se pueden considerar como intermedios (INIFAP 2006). Destaca el A92 x 124-2 que fue el más rendidor con 77.333 días a floración. También se encuentran los híbridos experimentales A98 X IA28, A96 x 124-2, A16 x IA28 y A92 X 12A.

Cuadro 5.4 Prueba de rango múltiple de Tukey de la variable 50% días a floración

No.	TRATAMIENTO	GENEALOGIA	MEDIA(días)	GRUPOS
1	63	Pan 37**	85.000	A
2	57	14-3**	84.667	A
3	40	A626 x IA 28	84.333	A
4	54	B 68*	84.000	AB
5	49	A625 x Pan 37	84.000	AB
6	46	A625 x 124-2	84.000	AB
7	59	106-2**	84.000	AB
8	29	A68 x 14-3	83.667	AB
9	43	A625 x 14-3	83.667	AB
10	33	A68 x IA 28	83.667	AB
11	44	A625 x 12 A	83.333	AB
12	42	A626 x Pan 37	83.333	AB
13	61	IA 28**	83.333	AB
14	36	A626 x 14-3	83.000	AB
15	56	B 625*	83.000	AB
16	55	B 626*	83.000	AB
17	35	A68 x Pan 37	83.000	AB
18	14	A98 x Pan 37	82.333	AB
19	7	A92 x Pan 37	82.333	AB
20	28	A16 x Pan 37	82.000	AB
21	45	A625 x 106-2	82.000	AB
22	65	RBHuasteco(T)	82.000	AB
23	3	A92 x 106-2	82.000	AB
24	21	A96 x Pan 37	81.333	ABC
25	38	A626 x 106-2	80.667	ABC
26	62	21-1**	80.667	ABC
27	48	A625 x 21-1	80.667	ABC
28	47	A625 x IA 28	80.333	ABC
29	6	A92 x 21-1	80.000	ABC
30	31	A68 x 106-2	80.000	ABC
31	24	A16 x 106-2	79.667	ABC
32	10	A98 x 106-2	79.333	ABC
33	53	B 16*	78.667	ABC
34	60	124-2**	78.333	ABC
35	32	A68 x 124-2	78.333	ABC
36	1	A92 x 14-3	78.333	ABC
37	34	A68 x 21-1	78.000	ABC
38	20	A96 x 21-1	78.000	ABC
39	17	A96 x 106-2	78.000	ABC
40	5	A92 x IA 28	77.667	ABC
41	37	A626 x 12 A	77.667	ABC
42	4	A92 x 124-2	77.333	ABC
43	8	A98 x 14-3	77.333	ABC
44	39	A626 x 124-2	77.333	ABC

45	41	A626 x 21-1	77.333	ABC
46	13	A98 x 21-1	77.333	ABC
47	66	83G19 Pionner(T)	77.000	ABC
48	52	B 96*	77.000	ABC
49	51	B 98*	77.000	ABC
50	27	A16 x 21-1	77.000	ABC
51	26	A16 x IA 28	76.667	ABC
52	19	A96 x IA 28	76.667	ABC
53	50	B 92*	76.333	ABC
54	12	A98 x IA 28	76.333	ABC
55	22	A16 x 14-3	76.000	ABC
56	30	A68 x 12 A	76.000	ABC
57	64	RB Norteño (T)	76.000	ABC
58	15	A96 x 14-3	75.333	ABC
59	11	A98 x 124-2	75.333	ABC
60	18	A96 x 124-2	75.333	ABC
61	2	A92 x 12 A	75.333	ABC
62	16	A96 x 12 A	75.333	ABC
63	25	A16 x 124-2	75.000	ABC
63	9	A98 x 12 A	74.667	BC
65	23	A16 x 12 A	73.667	BC
66	58	12 A**	71.000	C

*Progenitor hembra, ** Progenitor macho

En el cuadro 5.5 se presentan los cuadrados medios de las siete características, donde se observan diferencias altamente significativas para todas las variables, a excepción del rendimiento en M*H, los coeficientes de variación en las variables PMG, AP,DF, y LP fueron menores a 10%, estos se consideran muy aceptables, reflejando el grado de precisión en la toma de datos y conducción del experimento, Singh y Chaudhry (1977) mencionan que coeficientes menores de 10% son recomendables para caracteres que son susceptibles de selección en mejoramiento poblacional. Los cuadrados medios de ACG fueron mayores que los de ACE en todos los caracteres evaluados, a excepción de altura de planta, con un valor cercano al de la hembra, indicando que la varianza aditiva es de mayor magnitud que la de dominancia en la mayoría de las variables estudiadas, coincidiendo estos resultados con Villanueva et al. (1994).

La predominancia de ACE en Altura de planta, es señal de que ésta característica es mayormente controlada por acción génica no aditiva, como lo demuestra el hecho de que para esta característica, los materiales más altos son los que tienen como progenitor macho al Pan 37.

Cuadro 5.5 Cuadrados medios de las siete variables de parámetros genéticos del análisis de apareamiento Carolina del Norte II

FV	GL	RTO	PMG	NGP	AP	DF	EP	LP
Modelo	50	2113909.8	38.172585	629829.72	3497.6285	28.149388	50.628827	32.242016
REP	2	262970.07	17.4228571	120506.31	420.8280	1.7142857	67.093129	10.8504082
M (ACG)	6	3847588.11**	143.3243991**	1649633.47**	27388.9725**	82.0544218**	182.079819**	38.0250794**
H (ACG)	6	4434613.10**	129.2353515**	810314.09**	228.2298**	90.3877551**	121.178073**	165.6766667**
M*H(ACE)	36	1541009.59NS	6.6229176**	458077.45**	231.5710**	10.2607710**	16.047438**	10.2274868**
Error	96	1132445.6	5.950010	174722.13	77.4375	4.214286	8.600838	4.829783
Media		3895.8 kg	26.0 gr	1924.8 granos	154.20 cm	79.18 días	8.09 cm	27.61cm
C.V. %		27.3	9.4	21.7	5.71	2.59	36.24	7.96

*, ** Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Analizando el comportamiento de ACG de los progenitores que se muestra en el cuadro 5.6, se observa que existe mucha variación en las diferentes características evaluadas, se presentan valores positivos y negativos, siendo los progenitores machos los que destacan, el macho IA 28 es el que obtuvo mejor rendimiento con 502.7 kg, 124-2 con 379.3 y el 14-3 con 346.1. El primer progenitor de igual manera destaca con valor positivo en la variable Numero de Granos por Panoja (NGP) con 397.8 granos.

En la variable Peso de Mil Granos (PMG) el progenitor que destaca con valor positivo es el macho Pan 37 con 4.1 gr, para la variable Altura de Planta (AP) destaca con valor negativo el progenitor macho 21-1 con -21.51 cm.

En cuanto a la variable 50% de Días a Floración el progenitor más precoz es el 12-A con -2.61 días. Todos estos caracteres son aditivos a la progenie. Kambal y Webster (1965), citados por Avalos (1983), reportaron que la ACG es relativamente más importante que la ACE cuando se trata de materiales no seleccionados previamente, y que la ACE es de mayor relevancia en materiales que han sido seleccionados anteriormente en base a su ACG, se realizaron estimaciones de varianza de ACG para los caracteres rendimiento, peso de semillas, altura de planta, días a floración encontrando significancias mayores de cero. Lo mismo ocurrió para las estimaciones de ACE, concluyendo que los efectos de ACG fueron más estables que los de ACE y que se requieren mayor información sobre la interacción con localidades ya que su estudio solamente se efectuó en dos años y un solo ambiente.

Cuadro 5.6 Aptitud Combinatoria General (ACG) de siete variables de líneas de Sorgo machos y hembras. Diseño II de Carolina del Norte.

Código	Línea	RTO (Kg ha ⁻¹)	PMG	NGP	AP	(50%) DF	EP	LP
M1	14 -3	346.1	-3.4	341.4	-19.80	0.44	-2.10	0.86
M2	12 A	11.9	1.8	-349.7	-10.12	-2.61	3.11	0.69
M3	106-2	-595.2	-1.3	-178.9	-14.54	1.06	-3.48	-0.66
M4	124-2	379.3	0.6	54.7	7.18	-1.66	2.18	1.22
M5	IA 28	502.7	-2.5	397.8	-19.98	0.20	-1.77	1.05
M6	21-1	-424.4	0.6	-177.6	-21.51	-0.85	3.84	-0.63
M7	Pan 37	-220.2	4.1	-88.0	78.78	3.43	-1.78	-2.50
H1	B 92	298.0	1.8	-54.3	-4.12	-0.18	1.57	-0.99
H2	B 98	465.4	2.0	-57.8	3.81	-1.66	0.54	-1.97
H3	B 96	216.4	0.1	-155.0	0.34	-2.04	2.03	-2.19
H4	B 16	158.8	3.4	-224.4	-3.91	-2.04	2.50	-1.90
H5	B 68	-262.2	-2.3	218.4	3.50	1.20	-2.24	4.88
H6	B 626	29.3	-2.4	-45.1	-1.54	1.34	-0.34	-0.89
H7	B 625	-905.5	-2.6	318.0	1.92	3.39	-4.04	3.08

En el cuadro 5.7 se presentan los resultados de la ACE, donde se observa que los valores más altos para la variable rendimiento, corresponden a las cruzas, A92 x 124-4, A98 x IA28, A98 x 14-3, A96 X 124-2 y A16 x IA28., para peso de mil granos (PMG) destacan los híbridos A625 x IA28, A625 X Pan37, A16 X 14-3, A96 x 12A, para la característica número de granos por panoja (NGP), los materiales A16 x Pan37, A68 x IA28, A625 x 12A, A625 X14-3 son los que presentan los valores más altos, en la variable Altura de planta (AP), los más destacados son A625 x Pan 37, este progenitor es el que confiere altura a todas sus cruzas; se encuentra también el A16 x 14-3, en lo que respecta a días a floración (DF), los valores más altos los presentan las cruzas A626 x IA28, 625 x 12A , IA28 x A68 y A625 x 124-2. En la variable longitud de panoja (LP) se encuentran con valores mayores las cruzas A92 x 124-2, A625 x IA28, A96 x 12A y A626 x 124-2. En excersión de panoja (EP) los cruzamientos A68 x IA28, A96 x 124-2, A68 x 14-4 y A625 x 14-3. Se observan también valores negativos en todas las variables, y los progenitores que presentan mejor comportamiento de ACG, fueron los que obtuvieron valores más altos de ACE para rendimiento. Paccapelo (1993), citados por Rodríguez (2000), estudio la ACG en doce progenitores para diferentes características en maíz, y reporto que los progenitores con mayor Aptitud Combinatoria General se encuentran involucrados en las cruzas que manifiestan los valores superiores de ACE e incluso que cuando uno de los progenitores de baja ACG intervienen en una cruce con progenitor de alta ACG los híbridos rinden como si los dos padres fueran de alta ACG. Sin embargo este comportamiento no es igual para todas las características, ya que algunas cruzas con bajo valor ACG, como en el caso de peso de 1000 granos en donde la cruce A625 x IA28 que obtuvo la ACE más alta (3.7), sus progenitores tienen valores negativos de ACG, la A625 con -2.6 y la IA28 -2.5, lo que indica que no existe una correlación entre la varianza aditiva y las desviaciones de dominancia, al respecto Palemón et al.(2012) encontraron que líneas con buenos efectos de ACG al cruzarse con líneas de bajos efectos de ACG produjeron buenos híbridos, lo que se puede deber al efecto de dominancia, sobre esto mismo De la Cruz et al. (2003) encontraron que en las mejores cruzas participaron padres con bajos efectos de ACG. Por lo que es

probable que machos y hembras con baja ACG produzcan cruzas sobresalientes.

Cuadro 5.7 Efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de siete variables de las 49 cruzas de sorgo.

H x M	Cruzas	RTO	PMG	NGP	AP	50 % DF	LP	EP
1 x1	A92 x 14-3	-11.03	-0.4	-135.7	-6.35	-1.11	2.05	-1.93
1 x 2	A92 x 12 A	872.66	0.8	-43.6	7.37	-1.06	-1.82	1.64
1 x 3	A92 x 106-2	-1065.53	0.1	-42.7	6.79	1.94	2.10	0.53
1 x 4	A92 x 124-2	1899.36	1.0	29.7	9.31	-0.01	4.54	-1.89
1 x 5	A92 x IA 28	400.16	-1.5	14.6	-0.70	-1.53	1.72	-0.08
1 x 6	A92 x 21-1	-575.43	0.8	-140.3	-9.84	1.85	-5.22	1.30
1 x 7	A92 x Pan 37	565.56	-0.6	318.1	-6.59	-0.11	-1.43	0.57
2 x 1	A98 x 14-3	1420.06	-0.2	-372.2	2.19	-0.63	1.15	-0.95
2 x 2	A98 x 12 A	-520.13	0.4	-270.7	0.24	-0.24	2.07	0.16
2 x 3	A98 x 106-2	67.66	0.0	-251.9	-3.07	0.75	-1.07	-1.16
2 x 4	A98 x 124-2	779.66	0.7	-75.8	6.54	-0.53	-2.20	1.16
2 x 5	A98 x IA 28	1684.46	-1.4	420.1	2.97	-1.39	-0.58	-1.14
2 x 6	A98 x 21-1	-674.93	0.2	273.8	0.03	0.66	-9.92	0.41
2 x 7	A98 x Pan 37	501.06	0.1	277.2	-8.92	1.37	2.50	0.81
3 x 1	A96 x 14-3	511.76	-0.2	-24.6	-0.94	-2.25	-1.27	-0.79
3 x 2	A96 x 12 A	-168.03	2.0	-218.5	2.24	0.80	3.58	0.06
3 x 3	A96 x 106-2	-649.43	0.0	-135.7	4.27	-0.20	1.77	-2.07
3 x 4	A96 x 124-2	1240.36	-0.9	11.7	7.15	-0.15	0.48	2.85
3 x 5	A96 x IA 28	-532.43	0.9	-121.7	-3.09	-0.67	-2.34	2.15
3 x 6	A96 x 21-1	280.46	0.1	217.4	3.70	1.71	1.39	0.50
3 x 7	A96 x Pan 37	831.96	-2.0	271.4	-13.32	0.75	-1.66	-2.43
4 x 1	A16 x 14-3	733.06	2.5	-666.9	10.58	-1.58	2.29	-1.82
4 x 2	A16 x 12 A	-655.53	-2.8	-124.5	-10.24	-0.86	-2.29	1.02
4 x 3	A16 x 106-2	300.36	0.3	303.1	7.45	1.47	0.10	-1.03
4 x 4	A16 x 124-2	-236.73	1.5	314.5	-13.74	-0.48	-0.89	-0.51
4 x 5	A16 x IA 28	951.06	0.2	-484.6	6.49	-0.67	-0.67	-0.27
4 x 6	A16 x 21-1	-360.63	-1.1	-28.6	-0.18	0.71	1.65	0.14
4 x 7	A16 x Pan 37	379.56	-0.5	687.2	-0.34	1.42	1.80	2.61
5 x 1	A68 x14-3	265.06	0.8	381.3	2.57	2.85	-0.14	2.67
5 x 2	A68 x 12 A	-249.23	-0.3	-36.3	-3.45	-1.77	1.32	-1.69
5 x 3	A68 x 106-2	-386.83	0.1	133.6	-10.29	-1.44	-1.16	1.02
5 x 4	A68 x 124-2	361.46	0.5	-31.0	6.65	-0.39	-3.08	-0.89
5 x 5	A68 x IA 28	645.86	-1.3	594.2	-4.52	3.09	-0.53	2.88
5 x 6	A68 x 21-1	-790.13	0.8	-421.7	3.54	-1.53	1.12	-3.17
5 x 7	A68 x Pan 37	-1681.93	-0.3	-620.0	5.52	-0.82	0.61	-0.70
6 x 1	A626 x 14-3	234.16	-2.1	307.1	-6.33	2.04	-0.90	0.44
6 x 2	A626 x 12 A	947.56	0.8	154.9	5.96	-0.25	-0.01	-1.62
6 x 3	A626 x 106-2	-604.13	0.2	75.1	1.38	-0.91	-0.32	0.96
6 x 4	A626 x 124-2	-132.93	-0.8	-369.5	5.09	-1.53	3.52	0.68
6 x 5	A626 x IA 28	450.66	-0.9	-166.6	-0.48	3.61	-0.17	-0.08
6 x 6	A626 x 21-1	-748.43	1.5	-116.2	-5.95	-2.34	0.16	-0.80
6 x 7	A626 x Pan 37	58.26	1.1	115.2	0.29	-0.63	-0.29	0.53
7 x 1	A625 x 14-3	-736.93	-0.3	511.0	-1.72	0.66	-1.20	2.47
7 x 2	A625 x 12 A	-144.43	-0.7	539.1	-2.13	3.37	-0.88	0.67
7 x 3	A625 x 106-2	-1828.43	-0.9	-81.7	-6.51	-1.63	0.51	1.86
7 x 4	A625 x 124-2	-1256.53	-2.3	120.7	-21.03	3.09	-4.22	-2.09
7 x 5	A625 x IA 28	-80.83	3.7	-256.0	-0.67	-2.44	4.53	-3.32
7 x 6	A625 x 21-1	-101.93	-2.1	216.0	-23.43	-1.05	2.79	1.76
7 x 7	A625 x Pan 37	-2195.73	2.5	-1049.2	23.37	-2.01	0.41	-1.24

V. CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias altamente significativas para todas las variables, destacando en rendimiento las cruzas experimentales A92 x 124-2 con 5,795.2 Kg ha⁻¹, A98 x IA28 con 5,580.3 Kg ha⁻¹, A 98 X 14-3 con 5,315.9 Kg ha⁻¹, por arriba del mejor testigo, Pioneer 83G19 que rindió 5,308.1 Kg ha⁻¹.

Los progenitores masculinos que presentaron los más altos valores de aptitud combinatoria general (ACG) son; IA28, 124-2 y 14-3. Y las hembras con valores más altos son; B98, B92, B96. Estos progenitores forman parte de los híbridos con mejores rendimientos. Por su Aptitud combinatoria específica destacan en cuanto a rendimiento las cruzas; A92 x 124-2, A98 x IA28, A98 x 14-3, A 96 x 124-2, siendo para esta característica los progenitores que tuvieron los más altos valores de ACG.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Aragón M.E. 2004. Efecto de Cuatro Densidades de Siembra y Tres Niveles de Fertilización Nitrogenada Sobre el Rendimiento de Grano del Cultivo del Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) Managua, Nicaragua pp. 19-27
- Avalos, P.R.1983. Estimación de parámetros genéticos en algunas características de sorgo para grano. Tesis M.C. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah.
- Ávila P.A.M., Rodríguez H.S.A., Vázquez B.M.E., Borrego E.F. Lozano R.J.A. Y López B.A. 2012. Aptitud Combinatoria y Efectos Recíprocos en Líneas Endogámicas de Maíz de Valles Altos de Centro de México. *Agricultura Técnica en México*, Vol. 35, Núm. 3, pp. 285-293 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias México.
- Baldemar M.J. 2013. Evaluación de 50 híbridos de sorgo para grano (*Sorghum Bicolor* L. Moench) Tesis de licenciatura UAAAN
- Castañon-Najera, G., L. Latournerie-Moreno y M. Mendoza-Elos (2005). Macro de SAS-IML para analizar los diseños II y IV de Griffing. *Universidad y Ciencia* 21: 27-35.
- Castillo G., F. 1980. El rendimiento de grano en sorgo (*Sorghum Bicolor* L. Moench) su relación con los periodos de desarrollo y otros caracteres, efecto de aptitud combinatoria. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México
- Castillo M. F. 2002. Evaluación de Siete Genotipos de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para Grano en la Región de Río Bravo, Tamaulipas.
- Cisneros-López, M.E; Mendoza-Onofre, LE; González - Hernández, VA. 2012. Male parent effects on stigma receptivity and seed set of sorghum A-lines under chilling field temperatures. *Plant Breeding* 131 (1):88-93.
- Cisneros L.M.E., Mendoza O.L.E., Mora .A.G., Cordova T.L. y Livera M.M. 2007. Híbridos y Progenitores de Sorgo Tolerantes al Frío.I: Calidad de la Semilla y su

- Influencia en el Establecimiento de Plántulas. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México.
- Chávez, A., J.L. 1995. Mejoramiento de plantas 2. Editorial Trillas. México. 143 p
- Estrada G., A., y H. H. Ángeles A. 1975. Estimación de la aptitud combinatoria de líneas A y R de *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Agrociencia* 21: 77–90.
- Falconer D.S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. Oliver & Boyd, London 3th Edition.
- FAO, (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2002 www.fao.org/docrep/W1808/W1808S00.htm.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. FAOSTAT. ProdStat Data Base, Yearly Production (en línea). Disponible en <http://www.faostat.fao.org>
- Fehr W. R., Hadley H. H. 1980. Hybridization of crop plants. American Society of agronomy and Crop Science Society of America. USA. 765 p.
- Galván B.E. 2004. Evaluación de híbridos experimentales de sorgo (*sorghum Bicolor* L. Moench) en la región del bajío. Tesis de licenciatura UAAAN
- Gandarillas, H. 1979. Mejoramiento genético. In: Quinoa y Kanihua, Cultivos Andinos. M.E. Tapia et al. (Ed.). IICA, Bogotá, Colombia. pp. 65-82.
- Gauna V.R. 2000. Comparación de Criterios Para Medir Vigor Híbrido en Relación a la Preselección de Híbridos Experimentales de Sorgo Para Grano (*Sorghum Bicolor* (L) Monech). Tesis de Maestro en Ciencias, Facultad de Agronomía, UANL. Marin, N.L.
- Goldman, I. L. 1999. Inbreeding and outbreeding in the development of a modern heterosis concept. In: Coors, J. G., and S. Pandey (eds). The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. ASA. CSSA. Madison, WI. USA. pp: 7-18
- Gómez P.S. y Francisco P.M. 2007. Fitomejoramiento, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Pereira.
- Gutiérrez, del R.E., A. Palomo G., A. Espinosa B. y E. De la Cruz L. (2002). Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 271-277.
- Gutiérrez P.N.D. 2014. Aptitud Combinatoria y Heterosis en Cruzas Experimentales de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para Grano

- Gutiérrez, del R.E., A. Espinoza B., A. Palomo G., J. Lozano G. y O. Antuna G. (2004). Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27 (Núm. Especial 1): 7-11.
- Guerrero C., Espinoza A., Palomo A., Gutiérrez E., Zermeño H. Y González M.P. (2011) Aptitud combinatoria del rendimiento y sus componentes en dos grupos de líneas de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 257-267.
- Griffing B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Australian Journal of biological Sciences* 463-493pp.
- Hernández E.L.A. y Moreno G.T. 2014. Análisis de las Generaciones F1 Y F2 de Híbridos Experimentales y Comerciales de sorgo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 5, num.1, pp.49-59
- Hernández-Torres I, Acosta-Díaz E, Pinales-Quiroz JF, Martínez-Medina J. 2009. Potencial de Rendimiento de Híbridos de Sorgo Para Grano Bajo Condiciones de Riego en Anáhuac, Nuevo León, México. INIFAP. Campo Experimental General Terán.
- Hernández E.L.A., Moreno G.T., Reyes J.J.E y Loaiza M.A. 2011. Perla-101: Nueva Variedad de Sorgo Para el Estado de Sinaloa *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.2 Núm.5 1 de septiembre - 31 de octubre, 2011 p. 779-784
- INEGI. VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, 2007.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), 2006. Día del agricultor y expo agropecuaria Tamaulipas.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) 1989. Producción Moderna de Sorgo. Programa Nacional de Sorgo. Ministerio de Agricultura.
- Jugenheimer, RW. 1981. Maíz: Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Primera edición. MX. Limusa. 821p.
- Loya R.H. 1986. Estudio comparativo de ocho características de sorgo para grano bajo dos ambientes riego y temporal. Tesis profesional UAAAN.
- Manes E. y Perotti M. (2010) Ensayos Comparativos de Rendimiento 2009/10 Girasol, Maíz y Sorgo. *Colegio de Ing. Agr. De La Pampa*
- Moreno G.T. 2012 Formación de Variedades e Híbridos de Sorgo Para Riego y Temporal en el Estado de Sinaloa.

- Murty, UR. 1999. Hybrid seed production in sorghum. In heterosis and hybrid seed production in agronomic crops. Ed. A. S. Barsa. Haworth Press. Inc. USA. P. 119-148.
- Palemón AF, Gómez MNO, Castillo GF, Ramírez VP, Molina GJD, Miranda CS (2012) Potencial productivo de cruzas
- Poehlman, JH; Sleper, DA. 2003. Mejoramiento genético de las cosechas: Mejoramiento genético del maíz. Ed. Noriega. 2 ed. MX. Linusa, S.a. 499 p. Rao, NGP. 2002. Sorghum in evolution and adaptation of cereal crops. Sci. Pub. Inc. E. New. Hampshire. USA. P. 214-238.
- Poehlman, JM. 2005. Mejoramiento genético de las cosechas. 2 ed. Editorial Limusa. D.F., México. 511 p.
- Ramírez L. 2006. Mejora de plantas Alogamas. Genética y Mejora Vegetal. Universidad Pública de Navarra
- Ramírez, D. J. L., et al., Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. Revista Fitotecnia Mexicana.
- Rodríguez V. R. M. 1992. Producción de semillas híbridas de sorgo para grano. Tesis de licenciatura, Facultad de Agronomía UANL., Marín N. L. México.
- Rodríguez, A.J. del C. 2000. Estudios de heterosis en ocho características de sorgo para grano. Tesis profesional UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2007 www.siap.gob.mx/2007
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Monografía de Sorgo Grano
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Estadísticas de producción agrícola en México. Sorgo de grano. www.siap.mx.
- Sánchez, H. 1991. Divergencia genética, Heterosis y Producción de híbridos no comerciales de maíz amarillo duro en el trópico de la zona andina. In curso corto Mejoramiento genético del maíz (13.1991, Quito, PE.)
- Singh RK Chaudhary BD (1997) Biometrical methods in quantitative genetic analysis. Kalyani Publication, New Delhi, India.
- Sprague, G.F. & L.A. Tatum. 1942. General vs. specific combining ability in single cross of corn. J. Am. Soc. Agron. 34:923-932.

- Tüsüz, M. A. 1997. Heterosis in sorghum. *In*: Book of Abstracts. The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops; an International Symposium. CIMMYT. México. pp: 326-327.
- Valladares C.A. 2010 CULTIVOS DE GRANO APV-350 V. Reproducción Selectiva de Materiales Lectura Obligatoria.
- Williams A. H, Pecina Q. V, Zavala G. F, Montes G.N, 2004. RB- PATRON, Nuevo Híbrido de Sorgo para grano en el Noreste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol.27, núm. 3, pp. 291-293.
- Yu, J., and M. R. Tuinstra. 2001. Genetic analysis of seedling growth under cold temperature stress in grain sorghum. *Crop Sci.* 41: 1438-1443.
- Zavala I.S.R. 2013. Evaluación de 50 híbridos de sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) en dos ambientes. Tesis de Licenciatura UAAAN.