

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“HETEROSIS Y APTITUD COMBINATORIA GENERAL EN LÍNEAS E HÍBRIDOS
DE MAÍZ”**

POR:

NORMA SANTIAGO LOPEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México

JUNIO 2012

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

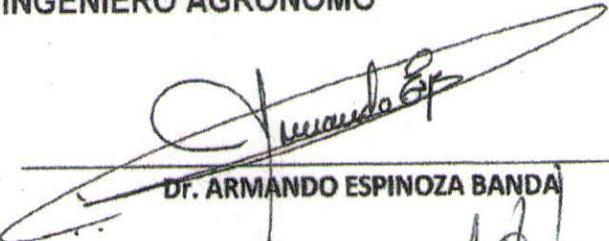
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**"HETEROSIS Y APTITUD COMBINATORIA GENERAL EN LÍNEAS E
HÍBRIDOS DE MAÍZ"**

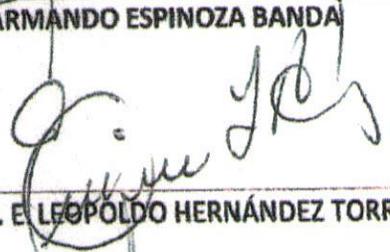
TESIS DE LA C. NORMA SANTIAGO LOPEZ, ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN
DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

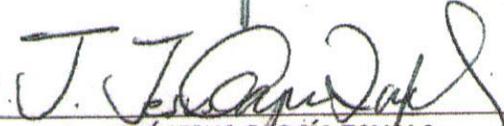
Asesor principal:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Asesor:

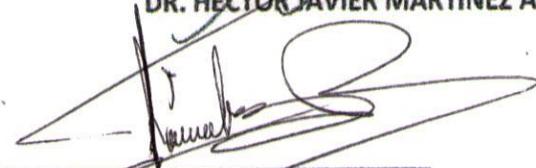

ING. E. LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES

Asesor:


Dr. JOSÉ JESUS GARCÍA ZAVALA

Asesor suplente:


DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ AGÜERO


Dr. FRANCISCO JAVIER SANCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**"HETEROSIS Y APTITUD COMBINATORIA GENERAL EN LÍNEAS E
HÍBRIDOS DE MAÍZ"**

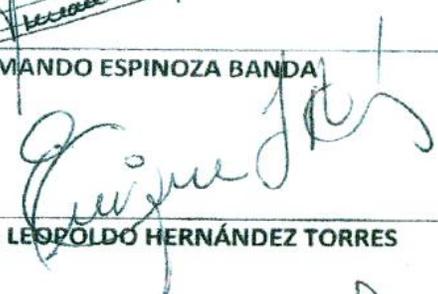
TESIS DE LA C. **NORMA SANTIAGO LOPEZ**, QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN
DEL H. JURADO EXAMINADOR Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presidente


Dr. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Vocal


ING. E. LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES

Vocal


Dr. JOSÉ JESUS GARCÍA ZAVALA

Vocal suplente:


DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ AGÜERO


Dr. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

JUNIO 2012

AGRADECIMIENTO

A **Dios** por darme vida, salud, paciencia, entendimiento y una familia inigualable ante la sociedad, que en colaboración obtengo día a día mis objetivos.

A mi escuela la **UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO** unidad laguna. A mi **ALMA TERRA MATER** por darme las armas suficientes para enfrentarme a la vida.

A mis asesores de tesis **Dr. Armando Espinoza Banda, Dr. Arturo Palomo Gil, M.C. E. Leopoldo Hernández Torres** y al **Dr. José Jesus García Zavala** por brindarme confianza, empeño y dedicación para hacer que este documento sea abstracto, discrepante, sugestivo y servidero para la sociedad.

No soy monedita de oro para caerle bien a todos, yo como todos también tengo enemigos y ellos no saben cómo les agradezco que así distingo muy bien a mis amigos los que me han dado este lugar que no merezco, lo dijo Cristo crucificado es de los buenos de quien debes cuidarte que de los malos pierde cuidado porque ellos son los que abre de señalarte.

DEDICATORIA

A mis 4 motivos, que alegran mi existencia, uno lo traigo en mi pecho, el otro en el corazón los otros dos en mi mente como toda mi ilusión:

Mi familia: Félix Santiago Ramos y Senorina López Cruz por darme la vida, amor, apoyo y lo más sagrado sus bendiciones sinceras que son las que me cuidan cuando salgo a los caminos y mis hermanos: Elizabeth, Guadalupe, Ulises y Arquímedes por su cariño, amor, paciencia y consejos que me alimenta y me da fe para ser cada día diferente y eficiente en mis objetivo, ellos son mi tesoro en esta vida.

Mi comunidad: Santa María Pozoltepec, San Juan Teposcolula Oaxaca, tierra vendita que yo nunca olvido por que fue donde yo nací y crecí, entre abrojos mis primeros pasos saboree mis primeros fracasos y en busca de fortuna Salí.

RESUMEN

Para el desarrollo de nuevos híbridos de maíz (*Zea mays L.*) con alto rendimiento de grano se requiere identificar progenitores que produzcan mejores híbridos. El objetivo de este trabajo fue estimar los efectos de aptitud combinatoria general, específica y nivel de heterosis de 24 cruzas simples de maíz (*Zea mays*), con progenitores provenientes de diferente grupo genético: 6 del CYMMIT y 4 de UAAAN-UL; durante el año 2010. Los grupos se cruzaron bajo el esquema de apareamiento genético del diseño II de Carolina del Norte. Las cruzas fueron evaluadas en el campo experimental de la UAAAN-UL en Torreón, Coahuila, México; durante los ciclos primavera-verano 2011, incluyendo progenitores y dos testigos comerciales. El diseño experimental fue un látice 6x6 con tres repeticiones. La parcela experimental consistió de 24 plantas distribuidas en una superficie de 2.25 m² (3 x 0.75) obteniendo un total de 108 parcelas; esto con el propósito de estudiar las características morfológicas y fisiológicas de cada craza, así como identificar las características con mayor variación. Las variables agronómicas evaluadas fueron: altura de planta (AP) y mazorca (AM), floración masculina (FM) y femenina (FF), número de mazorcas por parcela (NMZP), contenido de clorofila en unidades SPAD (SPAD), diámetro de mazorca (DM), número de hileras (NH), granos por hilera (GH), longitud de mazorca (LM), peso hectolitro (PH), número de mazorcas podridas (NMZP), % de humedad (HUM), % de pudrición (PUD), aspecto de mazorca (ASMZ), cobertura de mazorca (CVMZ), kilogramos por hectárea de mazorca (KHMZ), kilogramos por hectárea de grano (KHGR), obteniendo diferencias altamente significativas para los híbridos 23x3, 26x1, 27x3, 23x5, 22x5 y 22x1 con rendimientos superiores a las líneas, testigos y progenitores.

Palabras clave: ACG, ACE, líneas, heterosis.

ABSTRACT

For the development of new hybrids of corn (*Zea mays* L.) with high grain yield is necessary to identify parents who produce better hybrids. The aim of this study was to estimate the effects of general combining ability, heterosis and specific level of 24 single crosses of maize (*Zea mays*), with parents from different genetic group: 6 of CIMMYT and 4 UAAAN-UL, during the year 2010. The groups were crossed under the scheme of genetic II Carolina of norte. The crosses were evaluated in the experimental field-UL UAAAN in Torreon, Coahuila, Mexico, during spring-summer cycle 2011, including parents and two commercial checks. The experimental design was a 6x6 lattice with three replications. The experimental plot consisted of 24 floors spread over an area of 2.25 m² (3 x 0.75) obtaining a total of 108 sites, this in order to study the morphological and physiological characteristics of each cross, and identify the features with greater variation. The agronomic variables evaluated were: plant height (AP) and ear (AM), male flowering (MF) and female (FF), number of ears per plot (NMZP), chlorophyll content SPAD units (SPAD), diameter ear (DM), number of rows (NH), kernels per row (GH), ear length (LM), weight hectolitrito (PH), number of ear rot (NMZP),% moisture (M),% rot (PUD), ear aspect (ASMZ), coverage of cob (CVMZ), kilograms per hectare of cob (KHMZ), kilograms per hectare of grain (KHGR), significant differences mind getting high for hybrids 23x3, 26x1, 27x3, 23x5, 22x5 and outperformed 22x1con lines, witnesses and parents.

Key words: ACG, ACE, lines, heterosis.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT.....	VII
CONTENIDO.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO	3
III. HIPÓTESIS	3
IV. Revisión de literatura	4
4.1. Diseños genéticos.....	4
4.2. Aptitud combinatoria	5
4.3. Aptitud combinatoria general.....	6
4.4. Aptitud combinatoria especifica.....	7
4.5. Heterosis	8
4.6. Predicción de híbridos.....	8
V. MATERIALES Y MÉTODOS	11
5.1. Localización de la Comarca Lagunera	11
5.2. Condiciones Ambientales.....	11
5.3. Localización del experimento	11
5.4. Material genético	11
5.4.1. Líneas	11
5.5. Evaluación de campo.....	12
5.5.1. Siembra y tamaño de parcela	12
5.5.2 Preparación del terreno	13
5.5.3. Riego	13
5.5.4. Fertilización.....	13
5.5.5 Control de maleza.....	13
5.5.6. Control de plagas	13
5.5.7. Cosecha.....	14

5.6. Variables Evaluadas	14
5.6.1. Altura de plantan y mazorca	14
5.6.2. Floración masculina y femenina.....	14
5.6.3. Numero de mazorcas.....	14
5.6.4. Diámetro de mazorca.....	15
5.6.5. Número de hileras por mazorca.....	15
5.6.6. Granos por hilera	15
5.6.7. Longitud de mazorca	15
5.6.8. Peso hectolitrico.....	15
5.6.9. Numero de mazorcas podridas.....	15
5.6.10. % de humedad.....	15
5.6.11. % de pudrición	16
5.6.12. Aspecto de mazorca	16
5.6.13. Cobertura de mazorca	16
5.6.14. Kilogramos de grano.....	17
5.6.15. Kilogramos de mazorca	17
5.6.16. Kilogramos por hectárea de mazorca	17
5.6.17. Kilogramos por hectárea de grano.....	18
5.6.18. SPAD	19
5.7. Diseño del experimento.....	19
5.8. Análisis estadístico.....	20
5.8.1. Comparación de medias	22
5.8.2. Análisis dialelico.....	22
5.8.3. Estimación de heterosis.....	23

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
6.1. Análisis de varianza del ciclo primavera 2011	24
6.2. Análisis de varianza del ciclo verano 2011	26
6.3. Análisis de varianza del ciclo primavera-verano 2011	29
6.4. Rendimiento promedio de las 24 cruzas del ciclo primavera-verano 2011 ..	31
6.5. Comparación de medias del análisis combinado	32
6.6. Análisis genético	32
6.7. Estimación de efectos de aptitud combinatoria general (g_i)	38
6.8. Estimación de efectos de aptitud combinatoria específica (S_{ij})	39
6.9. Determinación de heterosis.....	42
VII. CONCLUSIÓN	43
VIII. LITERATURA CITADA.....	44

I. INTRODUCCIÓN

En el siglo XIX el maíz ocupó el tercer lugar mundial alimentario, con una producción anual superior a 500 millones de toneladas. A principios del siglo XX el maíz ocupó el primer lugar en la producción mundial (609 181 620 t) al superar al trigo (*Triticum spp*) y al arroz (*Oryza sativa L*). Duvick y Cassman (1999) estimaron que la demanda global de maíz se incrementaría de 526 a 748 millones de toneladas entre 1993 y 2020,

En la Comarca Lagunera, de 14,054 Has sembradas de maíz de grano bajo riego por gravedad, bombeo y temporal solo se cosechan 6,147 Has con una producción de 5,552 Ton de grano, y 31,164 Ton Has de forraje, en su mayoría híbridos comerciales (SAGARPA, 2010).

El mejoramiento genético de maíz por hibridación fue iniciado por Shull en 1909, con la obtención de líneas endogámicas poco productivas, y la formación de híbridos de cruce simple de mayor rendimiento que la variedad original. Sprague, (1955) explica que estos híbridos no se usaron comercialmente debido a que el bajo rendimiento de las líneas aumentaba el costo de producción de la semilla a lo que Jones, (1918) lo resolvió con el empleo de híbridos de cruce doble.

Posteriormente en 1960 se inició la producción comercial de híbridos de cruce simple, por su alto rendimiento, uniformidad y por la obtención de líneas un poco más productivas, pero la semilla aun tenía un alto costo de producción, debido a que la presión por endogamia conduce a las líneas a bajo rendimiento. En sentido inverso a la depresión endogámica existe la heterosis, que es la diferencia del valor de la cruce F1 y el promedio de sus progenitores, Moll *et al.*, (1965).

La hibridación es una herramienta de mejoramiento genético que permite la formación de genotipos de maíz para uso comercial; por esta razón, es importante el conocimiento relativo al componente genético de los materiales usados como progenitores.

Gutiérrez *et al.* (2004) explica que para el mejoramiento de plantas es importante el conocimiento relativo al componente genético de los materiales usados como progenitores.

Al estimar los parámetros genéticos se persigue proporcionar información sobre la naturaleza de la acción de los genes y proveer información básica para la utilización de programas de mejoramiento de una población, o posiblemente, la información para el desarrollo de nuevos enfoques para el mejoramiento genético (Robinson y Cockerham, 1965).

Comstock y Robinson (1948) propusieron los diseños I, II y III de Carolina del Norte, que permiten conocer, el tamaño e importancia de los efectos genéticos involucrados. Con el objeto de hacer una mejor selección de las combinaciones híbridas sobresalientes, en esta investigación, fue calcular la aptitud combinatoria general y específica para rendimiento de grano en líneas de maíz y sus progenies, además estimar el nivel de heterosis y, detectar la mejor combinación híbrida por rendimiento de grano y características agronómicas.

II. Objetivo general.

Determinar los efectos de aptitud combinatoria general y específica, el nivel de heterosis así como características agronómicas y rendimiento de grano en líneas contrastantes de maíz.

2.1. Objetivos específicos

Detectar el tipo de acción génica presente.

Cuantificar el nivel de heterosis.

III. Hipótesis

H_0 : Los cruces de las líneas tienen diferente nivel de heterosis y aptitud combinatoria específica.

H_a : Los cruces de las líneas no difieren en el nivel de heterosis y aptitud combinatoria específica.

H_1 : Las líneas difieren en la magnitud de la aptitud combinatoria general

H_{a1} : Las líneas no difieren en la magnitud de la aptitud combinatoria general.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Diseños genéticos

Los diseños genéticos proporcionan un punto de partida esencial en la cuantificación de efectos de las influencias genéticas y ambientales sobre la población estudiada. Suriyagoda y Peiris, (2007) mencionan que para que la selección sea eficiente, es conveniente basarla en la estimación de parámetros genéticos de las características de mayor importancia, mediante el análisis estadístico de datos fenotípicos de las progenie segregante, de los progenitores o de ambos.

Por otra parte, la decisión sobre el diseño genético a emplear para conocer las propiedades genéticas de la población de interés estará en función de los objetivos de la investigación. Generalmente se opta por elegir el más práctico y sencillo, asegurando que proporcione la información requerida.

Por otro lado, entre los métodos existentes para evaluar las cualidades de un conjunto de progenitores se encuentran los diseños dialélico propuestos por Griffing, (1956) con sus cuatro métodos que permiten identificar las mejores combinaciones así como los diseños I, II y III de Carolina del Norte (Comstock y Robinson 1952).

Sahagun (1997) encontró que el nivel de endogamia de los progenitores guarda una relación directa con la precisión de los estimadores de los componentes de varianza genéticos en los diseños I y II de carolina del Norte.

Burow oors 1994; Zhang Kang 1997 mencionan que los diseños dialélico son comúnmente usados en fitomejoramiento para obtener información de efectos genéticos cuando los padres no son elegidos al azar (modelo I de efectos fijos), o para estimar aptitud combinatoria general y específica, heterosis y parámetros genéticos, cuando el modelo II o de efectos aleatorios fue empleado en la elección

de los padres que en base a los parámetros estimados se seleccionan los padres y las cruza superiores.

Por tal importancia los cruzamientos dialélico son utilizados para estimar los efectos genéticos de las poblaciones en mejoramiento y la información analizada críticamente es valiosa para definir patrones heteróticos, los cuales constituyen una fuente de germoplasma para la generación de líneas de suma utilidad en un programa de mejoramiento dinámico.

Para un diseño dialélico, según Layrisse (1981), está constituido por todos los cruzamientos posibles entre un conjunto de padres y que frecuentemente no incluye a los padres, cruza recíprocas y testigos.

La estimación de del análisis genético, se desarrolló con base al método II de Carolina del norte (Comstock y Robinson 1952) en el que solo incluye las F1 de cruza directas.

4.2. Aptitud combinatoria (AC)

El termino aptitud combinatoria, Márquez (1988) la define como la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, medida por medio de su progenie. En términos estadísticos Falconer (1990) define la aptitud combinatoria general como los efectos principales de efectos aditivos y la aptitud combinatoria específica como una interacción estadísticos de los efectos no aditivos (principalmente de dominancia). Estudios de aptitud combinatoria demuestran la importancia en cuanto a la identificación de los progenitores potenciales que pueden ser útiles para producción de híbridos o para el desarrollo de poblaciones compuestas o sintéticas (Martínez 1983). Sin embargo, la aptitud combinatoria debe determinarse no solo en un individuo sino en varios (población); a fin de poder seleccionar los que presenten la más alta aptitud combinatoria.

Gutiérrez *et al.* (2004) y Castañón-Nájera *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. Ortiz y Mendoza, (1998) Indican que en maíz (*Zea mays L.*) generalmente se identifican líneas con alta Aptitud Combinatoria General (ACG), y que posteriormente son probadas para Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) en cruzamiento entre ellas o cruzamiento con una línea probadora. Sin embargo, frecuentemente muchas de esas líneas, aun cuando presentan altas ACG y ACE, poseen muchas características que todavía no se encuentran con niveles deseados.

4.3. Aptitud combinatoria general (ACG)

En la generación de híbridos de maíz la selección de progenitores es un factor muy importante para la obtención de híbridos de alto rendimiento de grano y características agronómicas adecuadas. La prueba de ACG se determina cruzando los progenitores con un probador resultando con ello las cruza probadoras que se les ha denominado mestizos (Márquez, 1988).

Asimismo, la prueba de ACG se puede realizar con plantas seleccionadas originales (S_0) o con la primera generación (S_1) debido a que las líneas puras adquieren su individualidad como progenitores al principio del proceso de autofecundación, pues su ACG permanece bastante estable en los primeros ciclos de selección (Allard, 1980)

De la misma manera Sprague y Tatum (1942), definieron la aptitud combinatoria general (ACG) como el comportamiento promedio de un clon o una línea en combinaciones híbridas, y esta se debe exclusivamente a efectos de aditividad.

Preciado *et al.* (2005) señalan que cuando se detectan efectos mayores de la aptitud combinatoria general, es factible explotar la proporción aditiva de la varianza genética disponible mediante cualquier variante de la selección recurrente. Para tal estimación han sido utilizados los diseños dos y cuatro de Griffing que estiman los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) a partir de sus componentes de varianza (Montesinos *et al.*, 2005).

Vergara *et al.* (2005) señalaron que las líneas tropicales del origen en CIMMYT: CML258, CML264, CML273, CML277, CML281 y subtropicales CML312 y CML319 mostraron los mejores efectos de ACG por lo que deberán ser consideradas como progenitores potenciales para formar híbridos con las líneas del programa de mejoramiento genético de maíz de la UAAAN.

4.4. Aptitud combinatoria específica (ACE)

Sprague y Tatum (1942), definen la aptitud combinatoria específica (ACE) como aquellos casos en que las combinaciones híbridas son mejores o peores que lo esperado con base al comportamiento promedio de los clones o líneas que intervienen en el cruzamiento y consideran que la ACE está en función de los efectos no aditivos como la dominancia y/o epistasis.

Así Preciado *et al.* (2005) señala que en cruzamientos donde se registra mayor aptitud combinatoria específica, puede implementarse un programa de selección recurrente recíproca o de hibridación. En comparación con otras variables de la Cruz *et al.*, (2005) y Dhillon *et al.*, (1990) encontraron diferencias significativas para la ACE de los caracteres producción de forraje verde, materia seca total y porcentaje de mazorca.

Al respecto Hoegenmeyer y Hallauer (1976) señalan que la aptitud combinatoria específica (ACE) es más importante que la aptitud combinatoria general (ACG) en un programa de mejoramiento cuya finalidad sea la obtención de híbridos ya que con la ACE se hace mejor uso de los efectos no aditivos como la dominancia y la epistásis. Además, la ACG explica la proporción de la varianza genotípica debido a los efectos aditivos de los genes, mientras que la ACE revela la proporción de éste que puedan deberse a las desviaciones de dominancia. Así Singh y Chaudhary (1985) menciona que los efectos de ACE son más importantes que los de ACG cuando los materiales son sometidos a selección.

4.5 Heterosis

La heterosis se considera como el fenómeno que ocurre cuando el híbrido supera a sus progenitores en características fenológicas de crecimiento, rendimiento y que resulta de la interacción de varios factores independientes diferente de los progenitores. Shull (1948) explica que si no hay incremento en las cruzas debe tratarse como otro fenómeno, pero no como heterosis; no hay heterosis negativa puesto que el vigor híbrido es resultado de la heterosis. La heterosis es la causa y el vigor híbrido su efecto.

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

Existen varia hipótesis que tratan de explicar la heterosis, hasta la fecha no hay una que explique total y satisfactoriamente; sin embargo las mas aceptadas son: la hipótesis de dominancia, propuesta por Bruce (1910), y la de sobredominancia, por Shull (1911). La hipótesis de dominancia se basa en que el híbrido es heterocigote, lo cual oculta el efecto negativo de los genes recesivos, mientras que la de sobredominancia implica la existencia de un complemento especial de los alelos en el heterocigoto que incrementa el vigor.

Ramírez *et al.*, (2007) Indica que en el mejoramiento genético en maíz (*Zea mays L.*) en la síntesis de híbridos se expresa al máximo la heterosis. Esto se debe a las acciones genéticas aditivas, de dominancia, sobredominancia, epistática; así como las interacciones genético-ambientales que contribuyen a la existencia de heterosis, que a su vez se basa en el cruzamiento de germoplasma con acervos genéticos y orígenes geográficos distintos.

El término grupo heterótico, Melchinger y Gumber, (1998) lo aplican a un conjunto de individuos que exhiben similar habilidad combinatoria y respuesta heterotica al ser cruzados con otros grupos germoplásmicos genéticamente diferentes. Mientras que el término patrón heterotico se refiere a un par específico de grupos heteroticos que al ser cruzados muestran una alta heterosis facilitando el desarrollo de híbridos potenciales.

Robles (1986), explica que la heterosis desde el punto de vista fisiológico tiene un estímulo sobre las actividades del organismo, por ejemplo la expresión de una mayor actividad metabólica y el aumento en la reproducción celular y los mecanismos genéticos para explicar este fenómeno se resumen en tres teorías:

- A. Teoría de la sobredominancia o heterocigosis.
- B. Teoría de la dominancia.
- C. Teoría intralelica con aditividad.

Estudios de Vasal *et al.* (1993) encontraron valores máximos de heterosis en poblaciones de maíz tropical para alta calidad de proteína (QPM) de 19.7% para rendimiento de grano y de cruza entre germoplasma templado, tropical y subtropical se ha obtenido entre 18.5 y 38.3% de heterosis (Malik *et al.*, 2004).

Al respecto Gutiérrez *et al.* (2002) y De la Cruz *et al.* (2003) mencionan que en el mejoramiento genético de maíz el nivel deseable para aprovechamiento de la heterosis en una cruce es cuando menos del 20%, esto se logra al emplear germoplasma de mayor divergencia genética para que las cruces proporcionen mayor respuesta de heterosis (Peña *et al.* 1997).

Por otro lado estudios de Frascaroli *et al.* (2007) demuestran la importante correlación entre los efectos dominantes entre el nivel de heterosis y la estabilidad fenotípica, especialmente para rendimiento del grano.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. Localización de la Comarca Lagunera

La Región Lagunera, se localiza en la parte central de la porción norte de México, y forma parte de los estados de Coahuila y Durango.

5.2. Condiciones ambientales

El clima de la región, corresponde a BW hw" (e'), que se caracteriza por ser muy seco o desértico, semiárido con invierno fresco, temperatura media anual entre 18 y 22 °C; con régimen de lluvias en verano, precipitación media de 250 mm y una evaporación potencial del orden de 2,500 mm anuales. Los vientos predominantes circulan en dirección sur con velocidad de 27 a 44 Km/h (Chaires y Palermo, 2004).

5.3. Localización del experimento

El trabajo se desarrolló durante el ciclo agrícola primavera-verano 2011 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, localizada en Periférico y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coahuila, México.

5.4. Material genético

5.4.1. Líneas.

Se usaron seis líneas del CIMMYT y cuatro líneas del programa de mejoramiento genético de la UAAAN-UL, (Cuadro 1). En el ciclo verano del 2010, se sembraron ambas líneas para realizar los cruzamientos posibles de acuerdo al diseño genético de Carolina del Norte (Comstock y Robinson, 1952). De este sistema de apareamiento se generaron 24 cruzas ó F1, las cuales se evaluaron en los ciclos primavera y verano del 2011, (Cuadro 2).

Cuadro 1. Grupos de líneas utilizadas para el apareamiento genético-II de Carolina del Norte.

	CIMMYT		UAAAN
22	CML-83-191	1	A-30-01
23	CML-77-185	2	A-57-02
25	CML-508-43	3	A-18-05
26	CML-509-44	5	A-06-11
27	CML-82-190		
28	CML-78-186		

Cuadro 2. Progenitores y cruzas generadas de acuerdo al diseño-II de Carolina del Norte.

	CML-83-191	CML-77-185	CML-508-43	CML-509-44	CML-82-190	CML-78-186
A-30-01	CML-83-191 X A-30-01	CML-77-185 X A-30-01	CML-508-43 X A-30-01	CML-509-44 X A-30-01	CML-82-190 X A-30-01	CML-78-186 X A-30-01
A-57-02	CML-83-191 A-57-02	CML-77-185 A-57-02	CML-508-43 A-57-02	CML-509-44 X A-57-02	CML-82-190 X A-57-02	CML-78-186 X A-57-02
A-18-05	CML-83-191 X A-18-05	CML-77-185 X A-18-05	CML-508-43 X A-18-05	CML-509-44 X A-18-05	CML-82-190 X A-18-05	CML-78-186 X A-18-05
A-06-11	CML-83-191 X A-06-11	CML-77-185 X A-06-11	CML-508-43 X A-06-11	CML-509-44 X A-06-11	CML-82-190 X A-06-11	CML-78-186 X A-06-11

5.5. Evaluación de campo.

5.5.1. Siembra y Tamaño de la Parcela

La evaluación se efectuó en el año 2011 en dos ciclos. La siembra se realizó el día 8 de abril y 4 junio para el ciclo primavera y verano respectivamente. La siembra fue a manual y en seco depositando tres semillas por mata. Cada tratamiento se conformó de dos surcos de 3 m de longitud con separación de 0.75 m entre surcos y 0.19 m entre plantas, teniendo una densidad de población de 24 plantas distribuidas en una superficie de 2.25 m² (3 m x 0.75 m) en total se tuvieron 108 parcelas y una densidad

de población de 53 mil plantas/ha. A los 15 días después de la siembra se realizó un raleo dejando una planta útil por mata.

5.5.2. Preparación del Terreno

Consistió en un barbecho, seguido un rastreo sencillo, con la finalidad de generar en el suelo las condiciones físicas óptimas de flujo de agua y aire, para el buen desarrollo del sistema radicular de las plantas.

5.5.3. Riegos

Se usó un sistema de riego presurizado por cintilla. Se aplicaron 22 riegos en total, los primeros 15 que fueron desde la siembra hasta el inicio de la floración cada 3 días con 7 horas de riego, el resto se aplicó 3 horas cada 4 días.

5.5.4. Fertilización

La dosis de fertilización utilizada fue (180-100-00), el cual se aplicó en dos fracciones: la primera se realizó cuando el cultivo estaba en la etapa de crecimiento, y la segunda en la etapa de la floración, con el objetivo de favorecer el crecimiento, desarrollo de planta y llenado de grano, con urea 46% en dosis de 50 kg/Ha disuelta en el agua de riego (fertirigación).

5.5.5. Control de Maleza

Esta actividad se realizó a lo largo del ciclo del cultivo, inicialmente con el herbicida (Primagram Gold 4L/ha) en pre-emergencia a los 8 días después de la siembra, sucesivamente se efectuó manual y mecánicamente con azadón.

5.5.6. Control de Plagas

Para las plagas de el follaje específicamente gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se controló con Clorpyrifos en dosis de 1.0 L/ha y al final del ciclo presencia de araña roja (*Tetranychus spp*) controlada con Dimetoato en dosis de 1.0 L/ha.

5.5.7. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual tomando en cuenta las características que determinan la madurez como son: totemoxtle seco, al golpearlo con los nudillos de los dedos los granos están duros, y los granos se desprenden con facilidad del olote.

5.6. Variables Evaluadas

Para la determinación del comportamiento de las cruzas se evaluaron las siguientes variables agronómicas:

5.6.1. Altura de planta y mazorca

Esta variable se determinó las 3 semanas posteriores a la floración que es cuando la planta termina su crecimiento. En 3 plantas seleccionadas al azar de cada parcela con, un estadal se midió la distancia desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (panoja). De la cual de las mismas 3 plantas para la altura de mazorca se midió de la base del tallo hasta la inserción de la última mazorca registrando las distancias en centímetros.

5.6.2. Días a floración masculina y femenina

Se considero como floración masculina y femenina en número de días a partir de la fecha de siembra hasta que más de 50% de emisión de polen en floración masculina y la femenina es cuando más del 50% plantas tengan el estigma de 2 a 3 cm de largo en cada parcela.

5.6.3. Número total de mazorcas

Se registro la cantidad total de mazorcas cosechadas por parcela, excluyendo las mazorcas secundarias que sean muy pequeñas y con poco contenido de grano esto con la finalidad de no alterar las variables relacionadas al mismo.

5.6.4. Diámetro de mazorca

Con un vernier digitalizado se tomaron 3 mazorcas de cada parcela y repetición para medir el diámetro ecuatorial expresado en cm.

5.6.5. Numero de hileras por mazorca

Del total de mazorcas recolectadas por los dos sucos que componen una parcela se tomaron solo 3 para contar el número de hileras.

5.6.6. Granos por hilera

Es el total de número de granos que se encuentran contenidos dentro de una hilera en 3 mazorcas por tratamiento.

5.6.7. Longitud de mazorca

Con una regla graduada de 3 mazorcas tomadas al azar de cada parcela determinamos la longitud de la mazorca midiendo de la base hasta la punta de la mazorca Las medidas son expresadas en cm.

5.6.8. Peso hectolítrico

Con la báscula hectolitrico previamente programada en unidades Kg/Hl se peso 1kg de maíz de cada tratamiento, con un contenido promedio de humedad de 12%.

5.6.9. Numero de mazorcas podridas

Esta variable se determino colectando todas las mazorcas por parcela posteriormente se contaron las mazorcas que presentaron más del 30% de pudrición.

5.6.10. Porcentaje de humedad.

Con 0.25 kg de grano de maíz para cada parcela, y previamente mezclado a granel se determino el porcentaje de humedad en el grano con un equipo sofisticado (Dickey-John Mini Gac) al momento de la cosecha.

5.6.11. % de pudrición de mazorca

De cada parcela, calificamos la incidencia de pudrición de mazorca y de grano causada por *Diplodia spp*, *Fusarium spp* y *Gibberella spp*, según una escala de 1 a 5, de la siguiente manera:

- 1 = 0% de granos infectados.
- 2 = 10% de granos infectados.
- 3 = 20% de granos infectados.
- 4 = 30% de granos infectados.
- 5 = 40% o más de granos infectados.

5.6.12. Aspecto de la mazorca

Se determino después de la cosecha, pero antes de tomar una muestra para determinar la humedad, extendiendo las mazorcas frente a cada parcela para calificar las características tales como daños por enfermedades de insectos, tamaño de la mazorca, llenado del grano y uniformidad de las mazorcas según una escala de 1 a 5, donde 1 es optimo y 5, muy deficiente.

5.6.13. Cobertura de mazorca

Esta variable es el número de mazorcas de cada parcela de acuerdo a que tengan expuesta alguna parte de la mazorca de una escala de 1 a 5 descritas en el Cuadro 3. Se calificaron 2 semanas antes de la cosecha ya que las mazorcas están completamente desarrolladas y se estén secando las brácteas.

Cuadro 3: escala de calificación para la cobertura de mazorca.

ESCALA DE CALIFICACIÓN	COBERTURA POR LAS BRÁCTEAS
1= Excelente	Las brácteas cubren apretadamente la punta de la mazorca y se extiende más allá de ella.
2= Regular	Cubren apretadamente la punta de la mazorca
3 =Punta expuesta	Protegen flojamente la mazorca hasta la punta
4 =Grano expuesto	Las brácteas no cubren la mazorca adecuadamente y dejan la punta algo expuesta
5= Completamente inaceptable	Cobertura deficiente; la punta está claramente expuesta

5.6.14. Kilogramos de grano

Para la variable kilogramos de grano se determino pesando solo los granos de maíz de las mazorcas de cada parcela experimental.

5.6.15. Kilogramos de mazorca

Los kilogramos de mazorca se obtuvieron pesando las mazorcas cosechadas por parcela al momento de la cosecha.

5.6.16. Kilogramos por hectárea de mazorca

Los kilogramos por hectárea de mazorca se considero el peso total de todas las mazorcas cosechadas por parcela útil, expresada en Kg/ha y uniformizado al 12% de humedad, haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Kg/ha} = (\text{PeCa} \times \text{Kd}) \times (100 - \text{Hc}) / 85 \times (10000 / \text{AU}) \quad (1)$$

Donde;

PeCa = Peso de campo de las mazorcas cosechadas por parcela útil en kg/ha.

Kd = Constante de desgrane para ajustar el rendimiento de grano igual a 0.8.

AU = Área de parcela útil.

HC = Humedad de campo o de cosecha.

85 = humedad deseada al 15 %.

5.6.17. Kilogramos por hectáreas de grano

Los kilogramos por hectárea de grano se considero el peso total de grano de todas las mazorcas cosechadas por parcela útil, expresada en Kg/ha y uniformizado al 12% de humedad, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Kg/ha} = (\text{PeCa} \times \text{Kd}) \times (100 - \text{Hc}) / 85 \times (10000 / \text{AU}) \quad (2)$$

Donde;

PeCa = Peso de campo de las mazorcas cosechadas por parcela útil en kg/ha.

Kd = Constante de desgrane para ajustar el rendimiento de grano igual a 0.8.

AU = Área de parcela útil.

HC = Humedad de campo o de cosecha.

85 = humedad deseada al 15 %.

5.6.18. Contenido de clorofila

Con un SPAD (Soil Plant Analysis Developmet) que es un medidor compacto, diseñado para mejorar la calidad y producción de los cultivos mediante la indicación de la cantidad de clorofila y nitrógeno presente en las hojas de la planta para optimizar las condiciones nutricionales en la plantas ya que al medir la clorofila, podemos determinar el fertilizante adicional necesario.

En el campo, se muestrearon tres plantas de maíz tomadas al azar de cada parcela, para determinar el contenido de clorofila en unidades SPAD.

5.7. Diseño experimental

Los tratamientos se evaluaron en campo en un diseño alfa Látice con 18 bloques y seis tratamientos por bloque con tres repeticiones, en ambos ciclos de cultivo.

5.8 Análisis estadístico

El análisis de varianza se llevó a cabo la partición de los genotipos en cruzas, líneas y testigos, para cada ambiente de acuerdo al Cuadro 4.

Cuadro 4. Partición de de los grados de libertad para los análisis

F.V	GL	
Repetición(R)	r-1	2
Genotipo(G)	g-1	35
CRUZA(C)	c-1	23
LINEAS (L)	l-1	9
TESTIGOS (T)	t-1	1
CLT	(clt-1)	2
ERROR	(r-1) (g-1)	70
TOTAL	rg-1	107

De la misma forma se utilizó para el análisis de varianza combinado (Cuadro 5).

Cuadro 5: partición de los grados de libertad del análisis de varianza combinado de dos ambientes.

F.V	GL	
AMBIENTE (A)	a-1	1
R(A)	a(r-1)	4
Genotipo (G)	g-1	35
CRUZAS (C)	c-1	23
LÍNEAS (L)	l-1	9
TESTIGOS (T)	t-1	1
CLT	clt-1	2
G x A	(g-1) (a-1)	35
Error	a(r-1)(g-1)	140
Total	arg-1	215

5.8.1 Comparación de medias

Para el análisis de los datos se tomaron medias de las dos localidades para cada variable en los genotipos evaluados se utilizo el procedimiento means del programa SAS (Statistical Analysis System), para la comparación de medias para cada análisis se aplico la prueba de Tukey al nivel de significancia de 0.05.

5.8.2 Diseño Genético

El análisis genético fue por el método II de carolina del norte (Comstock y Robinson, 1952) de ambos ambientes, solo para las variables relacionadas con rendimiento (HAGR, HAMZ).

$$Y_{ijk} = \mu + m_i + h_j + (mh)_{ij} + b_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Valor fenotípico del i-ésimo macho, j-ésima hembra, del k-ésimo bloque.

μ : Media poblacional

m_i : Efecto del i-ésimo macho

h_j : Efecto de la j-ésima hembra

$(mh)_{ij}$: Efecto de la interacción del i-ésimo macho con la j-ésima hembra

b_k : Efecto del k-ésimo bloque

ε_{ijk} : Error experimental

FV	GL	CM	CM esperado
Híbridos	h_1-1		
Machos (m)	$m-1$	Mm	$\sigma_e^2 + r\sigma_{mh}^2 + rh\sigma_m^2$
Hembras (h)	$h-1$	Mh	$\sigma_e^2 + r\sigma_{mh}^2 + rm\sigma_h^2$
M x H	$(m-1)(h-1)$	Mmh	$\sigma_e^2 + r\sigma_{mh}^2$
Error	$(g-1)(b-1)$	Me	σ_e^2

5.8.3 Estimación de heterosis

El porcentaje de heterosis se calculó para la variable rendimiento, de las 34 cruzas simples y 10 líneas. La heterosis se estimó con base en el progenitor medio (h) y con base en el progenitor superior (h'), por localidad y para el análisis combinado, utilizando la siguiente expresión:

$$h = \frac{F1 - PM}{PM} \times 100$$

$$h' = \frac{F1 - PS}{PS} \times 100$$

Donde:

F1 = rendimiento de la craza

PM = progenitor medio = $(P_i + P_j)/2$

PS = progenitor superior.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Ciclo primavera 2011

Los cuadrados medios del análisis de varianza del ciclo primavera (cuadro 7 al 10) de 24 cruzas, 10 líneas y dos testigos comerciales. Se observan diferencias altamente significativas entre los genotipos y, dentro de genotipos, en cruzas, líneas y entre grupos (CLT) para las variables AP, AMZ, FM, FF, NUMZ, DM, LM, PHEC, NMZP, AZMZ, HAMZ, y HAGR, significativo para los genotipos de las variables NH, NMZP. La excepción se presenta en las fuentes de variación de repeticiones y testigos en las variables GH, %HUM, %PUD y CVMZ que fueron no significativas.

El coeficiente de variación (CV) se encuentra de 2.1 a 19.7 únicamente para las variables de rendimiento. Estos valores están estadísticamente dentro de los límites de aceptación, la cual proporcionan confiabilidad a los resultados obtenidos.

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para el ambiente primavera 2011.

F.V	GL	AP	AMZ	FM	FF	NUMZ	SPAD
REPETICION (R)	2	1665.6	419.5	2.6	4.3	5.8	20.6
GENOTIPO(G)	35	912.8**	647.9**	25**	29.4**	31.5**	8.7
CRUZA(C)	23	959.4**	603.3**	23.8**	28.6*	30.2*	9.4
LINEAS(L)	9	1420.5**	731.8**	38.0	55.2**	60.0**	13.5
TESTIGOS(T)	1	445.1	56.0	6	0.2	6	2.1
GRUPOS(CLT)	2	3321.4**	1448.1**	15.8	67.0**	13.9*	8.4
ERROR	70	218.6	145.8	5.4	11.4	78.1	0.8
TOTAL	107						
CV		6.6	9.5	3.0	4.1	12.7	7.0
MEDIA		223.6	127.6	76.4	82.1	29.2	40.9

GL=Grados de libertad; AP=Altura de planta; AMZ=Altura de mazorca; FM=Floración masculina; FF=Floración femenina; NUMZ=Numero de mazorcas; SPAD=Contenido de clorofila; CV=Coeficiente de variación

Cuadro 8. Análisis de varianza ara el ambiente primavera 2011

F.V	GL	DM	NH	GH	LM	PHEC	NMZP
REPETICION (R)	2	22.33	9	10.7	2.2	3.1	4.7
GENOTIPO(G)	35	25.14**	8.1*	19.4	6.4**	8.24**	9.0*
CRUZA(C)	23	23.36**	10.58	22.66	7.33**	6.80**	6.91
LINEAS(L)	9	43.50**	4.51*	29.51	14.62**	16.5	11.65
TESTIGOS(T)	1	4.93	1.5	26.75	0.66	0.21	2.66
GRUPOS(CLT)	2	47.39*	5.92	33.38	13.29*	0.53	5.57
ERROR	70	7.9	4.9	16.3	2.6	2.6	4.97
TOTAL	107						
CV		6	14.4	10.8	9.7	2.1	86.4
MEDIA		47.07	15.44	37.44	16.5	76.72	2.7

DM= Diámetro de mazorca; NH=Numero de hileras por mazorca; GH=Granos por hilera de mazorca; LM=Longitud de mazorca; PHEC=Peso hectolitrico; NMZP=Numero de mazorcas podridas; CV=Coeficiente de variación.

Cuadro 9. Cuadrados medios del análisis de para el ambiente primavera 2011.

F.V	GL	% HUMD	% PUD	AZMZ	CBMZ
REPETICION (R)	2	0.84	27	4.43	0.2
GENOTIPO(G)	35	6.7	2.5	0.18**	0.19
CRUZA(C)	23	7.64	2.53	0.20**	0.11
LINEAS(L)	9	5.7	2.29	0.34	0.24
TESTIGOS(T)	1	0.08	0	0.005	0.12
Grupos(CLT)	2	0.85	2.1	0.07	0.17
ERROR	70	8.15	3.42	0.29	0.1
TOTAL	107				
CV		20.4	79.2	18.9	31.66
MEDIA		14.07	183	1.47	1.33

GL=Grados de libertad, %HUMD= % De humedad; %PUD=% de pudrición; AZMZ=Aspecto de mazorca; CBMZ=Cobertura de mazorca; CV=Coeficiente de variación.

Cuadro 10. Cuadrados medios del análisis de varianza para el ambiente primavera 2011.

F.V	GL	HAMZ	HAGR
REPETICION (R)	3	18864185.9	13149939.1
GENOTIPO(G)	35	11196395.4**	10660162.8**
CRUZA(C)	23	11721007.6**	1842484.8**
LINEAS(L)	9	7352378.8*	5958620.41*
TESTIGOS(T)	1	4829735.3*	157004.3
GRUPOS(CLT)	2	2048653.8**	2547058.8**
ERROR	70	101233823.2	92543604.6
TOTAL	107		
CV		14.14	19.32
MEDIA		10122.18	8262.11

GL=Grados de libertad; HAMZ=Kilogramos por hectárea de mazorca HAGR=Kilogramos por hectárea de grano; CV=Coefficiente de variación.

6.2 Ciclo verano 2011

En los cuadros 11 al 14 se muestran los análisis de varianza del ambiente de verano donde las variables AMZ, FM, FF, DM, LM, PHEC, NMZP, NH, %HUM, % PUD, AMZ, HAGR presentan diferencias altamente significativas.

Para la fuente de variación genotipos AMZ, FM, LM, PHEC, NMZP, NH, % HUM, % PUD, HAMZ, HAGR se aprecian diferencias significativas y, para las variables de rendimiento altamente significativas; Las cruza (C) (dentro de genotipos) fueron diferentes significativamente para AMZ, NMZP y altamente significativo para %HUM, % PUD, HAMZ, HAGR. Las líneas se diferenciaron significativamente ($p < 0.01$) respecto a %HUM, %PUD, HAMZ, HAGR y significativa ($p < 0.05$) para AMZ, FM, FF. Los testigos (T) fueron diferentes ($p < 0.01$) para %HUM y significativo para DM; las variables que mas interaccionaron fueron DM ($p < 0.05$) y NH, HAMZ, HAGR ($p < 0.01$).

Los coeficiente de variación (CV) en general fueron bajos para las variables de rendimiento; inclusive se encuentra de 11.9 a 20.6%. Estos valores están estadísticamente dentro de los límites de aceptación, la cual proporcionan confiabilidad a los resultados obtenidos.

Cuadro 11. Cuadrados medios del análisis de varianza para el ambiente verano 2011.

F.V	GL	AP	AMZ	FM	FF	MUMZ	SPAD
Repetición (R)	3	493.6	518.32	28.3	15.97	151.95	73.77
Genotipo (G)	35	569.4	529.87*	54.37*	58.42	44.21	53.59
CRUZA (C)	23	634.74	566.18*	7.65	77.04	47.93	60.86
LINEAS (L)	9	438.03	432.65*	24.92**	28.14**	26	69.08
TESTIGOS (T)	1	5.36	162.59	6	13.5	73.5	5.3
GRUPOS(CLT)	2	472.9	750.45*	8.37	3.73	70.67	86.79
ERROR	70	502.3	339.18	36.99	41.4	29.83	38.12
TOTAL	107						
CV		13.26	13.12	9.61	9.84	20.1	12.62
MEDIA		168.95	140.4	63.24	65.33	27.17	48.92

GL=Grados de libertad; AP=Altura de planta; AMZ=Altura de mazorca; FM=Floración masculina; FF=Floración femenina; NUMZ=Numero de mazorcas; SPAD=Contenido de clorofila; CV=Coeficiente de variación.

Cuadro 12. Cuadrados medios del análisis de varianza para el ambiente verano 2011

F.V	GL	DM	NH	GH	LM	PHEC	NMZP
Repetición (R)	3	0.21	0.21	1.67	1.61	35.28	9.42
Genotipo (G)	35	0.25	7.60**	38.38	4.96*	48.38*	1.51**
CRUZA (C)	23	0.27	7.16	46.72	5.51	57.4	1.26*
LINEAS (L)	9	0.1	8.19	32.69	3.29	41.07	1.3
TESTIGOS (T)	1	0.24*	20.16*	2.23	1.84	0.07	0.66
GRUPOS(CLT)	2	0.34*	3.89*	2.27	3.07	14.31	0.58
ERROR	70	0.35	3.35	24.93	5.62	45.51	0.96
TOTAL	107						
CV		12.17	11.9	13.93	14.26	19.47	34.7
MEDIA		4.85	15.37	35.82	16.61	34.67	2.47

DM= Diámetro de mazorca; NH=Numero de hileras por mazorca; GH=Granos por hilera de mazorca; LM=Longitud de mazorca; PHEC=Peso hectolitrico; NMZP=Numero de mazorcas podridas; CV=Coeficiente de variación

Cuadro 13. Cuadrados medios del análisis de varianza para el ambiente verano 2011

F.V	GL	% HUMD	% PUD	AZMZ	CVMZ
Repetición (R)	3	0.21	0.07	1.13	0.12
Genotipo (G)	35	4.29**	0.17**	0.09	0.096
CRUZA (C)	23	5.23**	0.18**	0.08	0.08
LINEAS (L)	9	2.46*	0.16*	0.08	0.06
TESTIGOS (T)	1	0.007*	0.04	0.00	0.02
GRUPOS(CLT)	2	5.77	0.17	0.00	0.05
ERROR	70	1.59	0.08	0.073	0.064
TOTAL	107				
CV		12.75	14.08	21.66	21.47
MEDIA		9.89	2	1.25	1.18

GL=Grados de libertad, %HUMD= % De humedad; %PUD=% de pudrición; AZMZ=Aspecto de mazorca; CVMZ=Cobertura de mazorca; CV=Coeficiente de variación.

Cuadro 14. Cuadrados medios del análisis de varianza para el ambiente verano 2011.

F.V	GL	HAMZ	HAGR
Repetición (R)	3	23306959.7	16161669.7
Genotipo (G)	35	14825152.5**	11440557.9**
CRUZA (C)	23	12471411.1**	9216094.9**
LINEAS (L)	9	12642158.2*	9790380.2*
TESTIGOS (T)	1	26434176.3*	17650985.9
Grupos(CLT)	2	103365877.5**	80150705.4**
ERROR	70	4545806.9	3389536.5
TOTAL	107		
CV		19.9	20.5
MEDIA		10678.8	8952.0

GL=Grados de libertad; HAMZ=Kilogramos por hectárea de mazorca HAGR=Kilogramos por hectárea de grano; CV=Coeficiente de variación.

6.3 Análisis de varianza combinado del ciclo primavera-verano 2011.

En el análisis de varianza combinado (cuadro 15 al 18) para genotipos(G) AP, AM, FM, FF, NUMZ, SPAD, DM, NH, LM, NMZP, AZMZ, HAMZ, HAGR presentaron diferencia altamente significativos, para las cruza (C) las variables AP, AM, FM, FF, DM, NH, LM, AZMZ, HAMZ, HAGR presentaron diferencia altamente significativo y significativo para SPAD y NMZP; del mismo modo para la líneas(L) AP, AM, FM, FF, SPAD, DM, NH, LM, AZMZ, HAMZ, HAGR presentaron diferencias altamente significativos y NUMZ, PHEC presentaron diferencias significativa; los testigos (T)

solo presentaron diferencias significativa solo en las variables de rendimiento HAMZ y HAGR . Respecto a grupos (CLT) AP, AM, NUMZ, DM, AMZ, HAGR presentaron diferencias altamente significativos con respecto a FF, SPAD y LM que son significativos. La interacción genotipoambiente(GxA) las variables AP, FM y DM fueron altamente significativas y significativo para AM.

Cuadro 15. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado por ambientes, de ciclo primavera -verano 2011.

F.V	GL	AP	AMZ	FM	FF	MUMZ	SPAD
Ambientes (A)	1	152357.7**	10690.9	8550.3**	14129.6**	170.6	3870.3**
Rep (A)	4	867.4**	259.4	1.5	4.6	43.9	16.8
Gen (G)	35	979.7**	835.6**	27.4**	33.9**	42.8**	26.2**
Cruzas (C)	23	1049.0**	835.0**	22.6**	31.5**	33.3	25.0*
Líneas (L)	9	1270.9**	949.6**	50.1**	77.0**	35.4*	58.2**
Testigos (T)	1	274.0	14.0	12.0	8.3	60.7	7.1
A x CLT	2	3150.5**	2125.5**	23.5	43.4*	146.9**	52.5*
G x A	35	359.0**	221.5*	7.4**	8.8	26.4	15.8
Error	140	196.7	136.6	3.9	7.07	19.4	11.9
CV		7.1	8.6	2.8	3.5	15.5	7.6
medias		197.1	134.6	70.1	74.0	28.3	45.1

GL=Grados de libertad; AP=Altura de planta; AMZ=Altura de mazorca; FM=Floración masculina; FF=Floración femenina; NUMZ=Numero de mazorcas; SPAD=Contenido de clorofila; CV=Coefficiente de variación.

Cuadro 16. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado del ciclo primavera -verano 2011.

F.V	GL	DM	NH	GH	LM	PHEC	NMZP
Ambientes (A)	1	96069.2**	0.2	86.2	2.7	94161.3**	3.2
Rep (A)	4	11.2*	5.0	14.2	2.3	5.0	6.7
Gen (G)	35	477.8**	9.9**	20.5	5.9**	24.9	6.8**
Cruzas (C)	23	12.5**	10.3**	21.7	7.5**	21.1	5.1*
Líneas (L)	9	23.5**	10.7**	26.6	12.0**	41.6*	7
Testigos (T)	1	1.5	5.3	6.7	2.3	0.2	0.3
A x CLT	2	26.5**	5.5	22.5	14.2*	10.0	4.4
G x A	35	11.6**	3.5	19.3	2.9	18.7	3.6
Erros	140	4.0	2.9	15.6	2.7	19.0	3.2
CV		7.7	11.1	10.7	9.9	7.8	68.9
medias		25.9	15.4	36.8	16.7	55.8	2.6

DM= Diámetro de mazorca; NH=Numero de hileras por mazorca; GH=Granos por hilera de mazorca; LM=Longitud de mazorca; PHEC=Peso hectolitrico; NMZP=Numero de mazorcas podridas; CV=Coefficiente de variación

Cuadro 17. Cuadrados medios del análisis del ciclo primavera -verano 2011.

F.V	GL	% HUMD	% PUD	AZMZ	CVMZ
Ambientes (A)	1	878.3*	2.0**	2.4	1.0*
Rep (A)	4	0.9	13.5**	2.7**	0.1
Gen (G)	35	3.6	1.2	0.1**	0.1
Cruzas (C)	23	3.62	1.2	0.2**	0.1
Líneas (L)	9	4.5	0.9	0.2**	0.1
Testigos (T)	1	0.0	0.0	0.0	0.0
A x CLT	2	1.2	1.1	0.1	0.0
G x A	35	5.4	1.4	0.0	0.1
Error	140	4.6	1.0	0.0	0.1
CV		17.9	53.7	18.5	26.6
medias		12.0	1.9	1.37	1.2

GL=Grados de libertad, %HUMD= % De humedad; %PUD=% de pudrición; AZMZ=Aspecto de mazorca; CVMZ=Cobertura de mazorca; CV=Coefficiente de variación.

Cuadro 18. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado del ciclo primavera -verano 2011.

F.V	GL	HAMZ	HAGR
Ambientes (A)	1	25904646**	34540154.8**
Rep (A)	4	17132637.5**	13432443.2**
Gen (G)	35	22265512.3**	18535298.8**
Cruzas (C)	23	19948637.7**	17320853.7**
Líneas (L)	9	15565523.2**	12211915.0**
Testigos (T)	1	26931074.05**	14874823.61**
A x CLT	2	201435931.3**	168747751.5**
G x A	35	3352047	3251083.2
Error	140	2796765	2603411
CV		15.98	18.63
medias		10468.49	8601.99

GL=Grados de libertad; HAMZ=Kilogramos por hectárea de mazorca HAGR=Kilogramos por hectárea de grano; CV=Coefficiente de variación.

6.4 Rendimiento promedio de las 24 cruzas del ciclo primavera-verano 2011.

En Cuadro 19 muestra el rendimiento promedio y la genealogía de cada una de las 24 cruzas simples. Se observa que las cruzas con mayor rendimiento fueron 23x1, 26x1, 27x3, 23x5, 22x5, 22x3, 26x5, 25x5, 27x5, 25x2, 26x3 y 27x2, con rendimientos de 11528.3, 10664.3, 10602.8, 10465.5, 10439.7, 10083.5, 10023.2, 9859.3, 9667.2, 9565.7, 9520.8 y 9510.2 kg/ha de grano respectivamente. Se observa que en 5 de las 24 cruzas de mayor rendimiento están presentes las líneas

3, 5, 26 y 27 además fueron cruzas de líneas de diferente grupo genético. Moll *et al.*, (1965) y Troyer (1988) menciona que los mejores cruzas resultan de líneas provenientes de diferentes orígenes. Las cruzas 23x3, 28x1, 23x2 y 22x1 con rendimientos de 7610.1, 6008.6, 5085.8 y 4764.2 kg/ha de grano rindieron estadísticamente menos que las 12 cruzas de mayor rendimiento. La diferencia mínima significativa (DMS) oscila en 3737.1 kg/ha de grano con la prueba Tukey a nivel de significancia de 0.05.

Cuadro 19. Rendimiento promedio y genealogía de las 24 cruzas simples de maíz del ciclo primavera-verano 2012.

GEN	Cruza	Genealogía	Rendimiento grano (kg/ha)
5	23 X 1	CML-77-185 X A-30-01	11528.3
13	26 x 1	CML-509-44 X A-30-01	10664.3
19	27 X 3	CML-82-190 X A-18-05	10602.8
8	23 X 5	CML-77-185 X A-06-11	10465.5
4	22 x 5	CML-83-191 X A-06-11	10439.7
3	22 x 3	CML-83-191 X A-18-05	10083.5
16	26 X 5	CML-509-44 X A-06-11	10023.2
12	25 X 5	CML-508-3 X A-06-11	9859.3
20	27 X 5	CML-82-190 X A-06-11	9667.2
10	25 X 2	CML-508-3 X A-57-02	9565.7
15	26 X 3	CML-509-44 X A-18-05	9520.8
18	27 X 2	CML-82-190 X A-57-02	9510.2
2	22 X 2	CML-83-191 X A-57-02	9363.3
23	28 X 3	CML-78-186 X A-18-05	8979.4
14	26 X 2	CML-509-44 X A-57-02	8951.2
24	28 X 5	CML-78-186 X A-06-11	8766.3
22	28 X 2	CML-78-186 X A-57-02	8597.9
9	25 X 1	CML-508-3 X A-30-01	8340.1
17	27 X 1	CML-82-190 X A-30-01	8244.5
11	25 X 3	CML-508-3 X A-18-05	8133.3
7	23 X 3	CML-77-185 X A-18-05	7610.1
21	28 X 1	CML-78-186 X A-30-01	6008.6
6	23 X 2	CML-77-185 X A-57-02	5085.8
1	22 X 1	CML-83-191 X A-30-01	4764.2
DMS			3737.1

DMS= Diferencia mínima significativa. Tukey (0.05).

6.5 Comparación de medias del análisis combinado.

En los cuadros 20 se presenta la comparación de medias de las variables agronómicas para el análisis combinado, observando lo siguiente; para la variable HAGR los genotipos (G) de mayor rendimiento son: 5, 28, 36, 13, 19, 8, 4, 3, 16, 12 y 27 presentaron rendimientos altos en comparación a los genotipos 7, 32, 25, 31, 34, 21, 33, 6 y 1 que presentaron rendimiento bajos; para HAMZ los genotipos (G) de mayor rendimiento son 28, 5, 36, 4, 19, 13, 16, 3, 60, 30 y 11, en comparación con los genotipos 7, 31, 32, 25, 21, 33, 6, 34, y 1 presentaron menor rendimiento.

Cuadro 20. Comparación de medias del análisis combinado de entre genotipos del ciclo primavera-verano 2011.

G	CRUZA	HAGR	HAMZ	G	CRUZA	HAGR	HAMZ
1	22X01	4764.2	6182.2	19	27X03	10602.8	12856.5
2	22X02	9363.2	11569.8	20	27X05	9667.2	11824.6
3	22X03	10083.4	11891.1	21	28X01	6008.5	7336.3
4	22X05	10439.7	12873.2	22	28X02	8597.8	10289.5
5	23X01	11528.2	13357.8	23	28X03	8979.4	10850.3
6	23X02	5085.8	6937.1	24	28X05	8766.2	10577.8
7	23X03	7610.1	9097.3	25	CML-83-191 (22)	6777.3	8604.2
8	23X05	10465.5	11223.0	26	CML-77-185 (23)	8946.4	10512.5
9	25X01	8340.0	10052.9	27	CML-508--3 (25)	7828.3	10121.8
10	25X02	9565.7	11020.2	28	CML-509-44 (26)	11206.6	13420.6
11	25X03	8133.3	9566.1	29	CML-82-190 (27)	8049.7	9790.0
12	25X05	9859.2	11624.4	30	CML-78-186 (28)	9538.0	11723.7
13	26X01	10664.3	12170.9	31	A-30-01 (1)	6532.5	9085.9
14	26X02	8951.1	10971.8	32	A-57-02 (2)	7265.6	8768.9
15	26X03	9520.8	11169.1	33	A-18-05 (3)	5541.3	7189.8
16	26X05	10023.2	12017.4	34	A-06-11 (5)	6010.5	6633.5
17	27X01	8244.4	10757.2	35	Pionner	8566.5	10090.0
18	27X02	9510.2	11620.4	36	Genex	10793.3	13086.1
					DMS	3654.1	3787.4

6.6 Análisis genético

En el cuadro 21 del análisis genético para las variables de rendimiento de grano y mazorca, se observa que para la fuente de variación ambientes presentaron diferencias significativa ($p \leq 0.05$) para las variables, HAGR, HAMZ; para la interacción, machos(M), presentan diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para las variables, HAGR, HAMZ, en tanto que para hembras (H) solo fue para la variable

HAMZ esto nos la interacción de varianza aditiva de hermanos completos paternos y maternos; en tanto que a la interacción de hembras por machos (MxH) son altamente significativos ($p \leq 0.01$) estos representan la varianza de dominancia o aditiva esto coincide con los resultados de Sahagun (1997, 1998) en el que el nivel de endogamia de medios hermanos ya sea paterno o materno no necesariamente afecta de igual manera a la precisión de los estimadores de los componentes de varianza aditiva y de dominancia; para la interacción de ambientes x machos (AxM) y ambientes x hembras (AxH) solo fue significativo para la variable HAGR, lo cual supone que las líneas se comportan diferente en ambos ambientes (Primavera-Verano) en cuanto a la interacción de ambientes x machos x hembras (AxMxH) no presentaron significancia esto indica que el comportamiento de las cruzas fue uniforme para ambos ambientes.

Cuadro 21. Significancia de cuadrados medios para análisis genético del modelo II de Carolina del Norte (Comstock y Robinson, 1952)

FV	GL	HAGR	HAMZ
Repetición (R)	2	18692710.6**	15555427.6**
Ambiente (A)	1	13284494.1*	11897038*
A x R	2	11551836.2**	14245336.4**
Macho(M)	5	13551086.1**	21171352.1**
Hembra(H)	3	13551086.1**	6566008.5
M x H	15	5890543.5**	5934474.9**
A x M	5	3204457.3	2077563.8
A x H	3	4634773.1*	4253890.5
A x M x H	15	4634773.1	2159814.5
ERROR	92	2469747.4	2830571.1
CV	0.5		0.5

*,** Significativo, altamente significativo, ($p \leq 0.01$) HAMZ=Kilogramos por hectárea de mazorca HAGR=Kilogramos por hectárea de grano

6.7 Valores y efectos de aptitud combinatoria general

Se estimaron los valores de aptitud combinatoria general, únicamente para las variables de rendimiento para los dos ambientes. En el cuadro 22 se presentan los valores de los efectos de ACG para las 10 líneas, el orden de posición de ACG estimado en base en el rendimiento (Kg/ha) evaluados en dos ambientes; así como el orden de posición del efecto g_i estimado en el análisis combinado de los dos ambientes. Todas las líneas del CIMMYT presentaron valor de ACG negativo, en

contraste, las de la NARRO todas presentaron valor de ACG positivo. Se observa que no presentan coincidencia entre efectos y valores, ya que las líneas de mayor ACG fueron: 22, 2 y 26. Por el contrario, las líneas de más baja ACG fueron las líneas 27, 28 y 1.

Las líneas 1,2, y 5 provenientes de la NARRO presentaron los mayores efectos de ACG e intervinieron en las cruzas de mayor rendimiento y las líneas 23, 24, 25, 3 presentaron efectos intermedios de ACG. Estos resultados coinciden con (Allard, 1980) quien menciona que la prueba de ACG se realiza con plantas seleccionadas de la primera generación (S_1) debido a que las líneas puras adquieren su individualidad como progenitores al principio del proceso de autofecundación, pues su ACG permanece bastante estable en los primeros ciclos de selección.

Cuadro 22. Estimación de los efectos de ACG en 10 líneas de maíz para el ambiente primavera –verano 2011.

Líneas	(kg/ha)	Efectos(gi)	Líneas	(kg/ha)	Efectos(gi)
22	10353.7	-943.9	1	8887.9	987.3
23	8995.4	-1542.7	2	10151.6	2118.3
25	9748.9	-404.2	3	9191.7	967.3
26	9962.3	-280.9	5	9432.9	1265.6
27	8280.2	-1669.5			
28	8725.0	-497.4			

6.8 Valores y efectos de aptitud combinatoria específica(ACE)

En el cuadro 23 se muestran los efectos de ACE de las 24 cruzas simples, donde se observa que las cruzas 23x1, 27x3, 23x5, 22x5, 22x3, 27x5, mostraron ACE mas altos, cuyos efectos fueron de 3134.705, 2356.111, 1793.663, 1169.099, 1111.167, 1122.243 respectivamente. Al comparar los efectos de ACE con el rendimiento de las cruzas (cuadro 19) se encuentra que las 6 cruzas con efectos altos de ACE, fueron los de mayor rendimiento. De acuerdo con dicha comparación, se observa que las cruzas con alto rendimiento las conforman al menos una líneas de efectos alto de ACG. De las 12 cruzas de mayor rendimiento (cuadro 19) siguen esta tendencia; también los efectos de g_i de por lo menos una de sus líneas que las conforma fue

positiva y el efecto S_{ij} también fue positivo. Estos resultados apoyan la primera hipótesis.

Por otro lado las cruzas 26x5, 25x5 y 27x1, con efectos de 89.64, 48.82 y -22.215 presentaron efectos bajos de ACE respectivamente, en comparación con el rendimiento estas cruzas tuvieron rendimiento medio (cuadro 19), y de estas las cruzas 23x3, 28x1, 23x2 y 22x1 con rendimientos de 7610.1, 6008.6, 5085.8 y 4764.2 kg/ha de grano que presentaron más bajo rendimiento fue aquellas que al menos una de las líneas que la conforman presentaron ACE y ACG negativo. Por consiguiente al analizar este grupo, se observa que cruza que expresa bajo rendimiento es aquella que la conforman líneas que tuvieron bajo ACE y cuando menos una de sus líneas progenitoras fueron de ACG bajo.

Cuadro 23. Estimación de efectos de ACE de 24 cruzas de maíz para el ambiente primavera –verano 2011.

CRUZA	EFEECTO ACE	Cruza	EFECTOS ACE
23 X 1	3134.7	22 X 2	-760.1
26 x 1	1008.9	28 X 3	-439.5
27 X 3	2356.1	26 X 2	-1835.2
23 X 5	1793.7	28 X 5	-950.9
22 x 5	1169.1	28 X 2	-1972.1
22 x 3	1111.2	25 X 1	-1192.1
26 X 5	89.6	27 X 1	-22.2
25 X 5	48.8	25 X 3	-1378.9
27 X 5	1122.2	23 X 3	-763.5
25 X 2	-1097.6	28 X 1	-3430.3
26 X 3	-114.5	23 X 2	-4438.8
27 X 2	112.5	22 X 1	-4228.2

La estructura genética de del rendimiento de 24 cruzas simples posibles entre las 10 líneas en estudio (cuadro 24). La estructura del valor genotípico de una craza simple permite conocer los tipos de acción génica que en ellos opera, de acuerdo con el modelo: $X_{ij} = \mu + g_i + g_j - s_{ij}$. En el modelo $(g_i + g_j)$ representa la suma de los efectos aditivos de los genes de la línea i y los de la línea j y s_{ij} es el efecto de interacción o dominancia de los genes de la línea i con los de la línea j .

En el cuadro 24 muestra la estructura del valor genotípico (X_{ij}) de una craza, puede presentarse las siguientes situaciones: 1.- los efectos aditivos son los mas importante; es decir, $(g_i + g_j) > s_{ij}$. 2.- la dominancia es también la mas importante; es decir, $s_{ij} > (g_i + g_j)$. 3.- tanto aditividad como dominancia son importantes es decir, $(g_i + g_j) = s_{ij}$. Las cruza que no sufran depresión endogámica podrán manejarse como variedad mejorada en las próximas generaciones de apareamiento aleatorio. La craza que sufrieron alta depresión endogámica se podrá manejar solo como hibrido F1.

De acuerdo con el análisis de la estructura genética, las cruza de bajo rendimiento se observa que en ellas inciden efectos bajos de ACE y ACG de una o de ambas líneas como se presenta en las cruza 23x2 y 22x1.

Cuadro 24. Estimación de ACE de 24 cruza simples. UAAAN Primavera-verano 2011.

CRUZA	X_{ij}	μ	g_i	g_j	S_{ij}
23 X 1	11528.3	8948.9	-1542.6	987.2	3134.7
26 x 1	10664.3	8948.9	-280.9	987.2	1008.9
27 X 3	10602.8	8948.9	-1669.5	967.2	2356.1
23 X 5	10465.5	8948.9	-1542.6	1265.5	1793.6
22 x 5	10439.7	8948.9	-943.9	1265.5	1169.0
22 x 3	10083.5	8948.9	-943.9	967.2	1111.1
26 X 5	10023.2	8948.9	-280.9	1265.5	89.6
25 X 5	9859.3	8948.9	-404.0	1265.5	48.8
27 X 5	9667.2	8948.9	-1669.5	1265.5	1122.2
25 X 2	9565.7	8948.9	-404.0	2118.3	-1097.5
26 X 3	9520.8	8948.9	-280.9	967.2	-114.4
27 X 2	9510.2	8948.9	-1669.5	2118.3	112.4
22 X 2	9363.3	8948.9	-943.9	2118.3	-760.0
28 X 3	8979.4	8948.9	-497.3	967.2	-439.4
26 X 2	8951.2	8948.9	-280.9	2118.3	-1835.1
28 X 5	8766.3	8948.9	-497.3	1265.5	-950.8
28 X 2	8597.9	8948.9	-497.3	2118.3	-1972.0
25 X 1	8340.1	8948.9	-404.0	987.2	-1192.1
27 X 1	8244.5	8948.9	-1669.5	987.2	-22.2
25 X 3	8133.3	8948.9	-404.0	967.2	-1378.9
23 X 3	7610.1	8948.9	-1542.6	967.2	-763.4
28 X 1	6008.6	8948.9	-497.3	987.2	-3430.3
23 X 2	5085.8	8948.9	-1542.6	2118.3	-4438.8
22 X 1	4764.2	8948.9	-943.9	987.2	-4228.1

6.9 Determinación de heterosis

La heterosis se calculo con relación a el progenitor medio (h) y a el progenitor superior (h') para la variable rendimiento de grano de 24 cruzas para los dos ambientes, de acuerdo con el análisis del cuadro 25 se muestra que las cruzas 23x1, 26x1, 27x3, 23x5 y 22X5 presentaron valores altos de heterosis y en este caso también fueron los de valores altos de heterobeltiosis.

Cuadro 25. Por ciento de heterosis con respecto al progenitor medio y al mejor progenitor para la variable rendimiento de grano. UAAAN Primavera-verano 2011.

Cruza	Rendimiento	l	j	Pm (i + j/2)	h	h'
23 x 1	11528.3	5085.8	6532.5	5809.2	98.5	76.5
26 x 1	10664.3	8198.9	6532.5	7365.7	44.8	30.1
27 x 3	10602.8	6008.6	5541.4	5775.0	83.6	76.5
23 x 5	10465.5	5085.8	6010.6	5548.2	88.6	74.1
22 x 5	10439.7	4764.2	6010.6	5387.4	93.8	73.7
22 x 3	10083.5	4764.2	5541.4	5152.8	95.7	11.7
26 x 5	10023.2	8198.9	6010.6	7104.8	41.1	22.3
25 x 5	9859.3	8133.3	6010.6	7072.0	39.4	21.2
27 x 5	9667.2	6008.6	6010.6	6009.6	60.9	60.8
25 x 2	9565.7	8133.3	7265.7	7699.5	24.2	17.6
26 x 3	9520.8	8198.9	5541.4	6870.2	38.6	16.1
27 x 2	9510.2	6008.6	7265.7	6637.2	43.3	30.9
22 x 2	9363.3	4764.2	7265.7	6015.0	55.7	28.9
28 x 3	8979.4	8946.4	5541.4	7243.9	24.0	0.4
26 x 2	8951.2	8198.9	7265.7	7732.3	15.8	9.2
28 x 5	8766.3	8946.4	6010.6	7478.5	17.2	-2.0
28 x 2	8597.9	8946.4	7265.7	8106.1	6.1	-3.9
25 x 1	8340.1	8133.3	6532.5	7332.9	13.7	2.5
27 x 1	8244.5	6008.6	6532.5	6270.6	31.5	26.2
25 x 3	8133.3	8133.3	5541.4	6837.4	19.0	0.0
23 x 3	7610.1	5085.8	5541.4	5313.6	43.2	37.3
28 x 1	6008.6	8946.4	6532.5	7739.5	-22.4	-32.8
23 x 2	5085.8	5085.8	7265.7	6175.8	-17.7	-30.0
22 x 1	4764.2	4764.2	6532.5	5648.4	-15.7	-27.1

VII. CONCLUSIONES

Con base a los resultados de los materiales genéticos y bajo las condiciones ambientales en que se evaluaron se concluye lo siguiente:

Las cruzas respecto a las líneas y testigos para el análisis de varianza combinado presentaron diferencias altamente significativas para las variables de rendimiento.

Las líneas de efectos altos de ACE fueron las hembras 1,2, 5 y los machos 23 y 27, de estas las hembras de la NARRO presentaron efectos altos positivos.

Las cruzas con mejor ACE fueron: 23x3, 26x1, 27x3, 23x5, 22x5 y 22x1, además de que presentaron rendimiento altos y heterosis baja.

Las cruzas con efectos bajos de ACE fueron: 28x1, 23x2, 22x1 y además presentan efectos bajos de heterobeltiosis para rendimiento.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alemanno, G., S. Lerda, E. Oliden, C. Vagliendo, P. Valiente y C. A. Biasutti, 2003. Heterosis en ensayos de calidad de semilla en híbridos experimentales de maíz. *Basic and Applied Genetics*, XV, Supplement 2, p 124
- Antuna, G.O., F. Rincon S., E. Gutierrez del R., N.A. Ruiz T. y L. Bustamante G. (2003). Componentes geneticos de caracteres agronomicos y de calidad fisiologica de semillas de lineas de maiz. *Revista Fitotecnica Mexicana* 26: 11-17.
- Castanon-Najera, G., L. Latournerie-Moreno y M. Mendoza-Elos (2005). Macro de SAS-IML para analizar los disenos II y IV de Griffing. *Universidad y Ciencia* 21: 27-35.
- Cervantes S T,M A Oropeza R,D Reyes L (2002) Selección para rendimiento y heterosis de líneas endogámicas de maíz irradiado, *Agrociencia* 36:421-431
- De la Cruz, L.E., E. Gutierrez del R., A. Palomo G. y S. Rodriguez H. (2003). Aptitud combinatoria y heterosis de líneas de maíz en la Comarca Lagunera. *Revista Fitotecnica Mexicana* 26: 279-284.
- De la Cruz-Lazaro, E., H. Cordova-Orellana, M.A. Estrada-Botello, J.D. Mendoza-Palacios, A. Gomez-Vazquez y N.P. Brito Manzano (2009). Rendimiento de grano de genotipos de maiz sembrados bajo tres densidades de población. *Universidad y Ciencia* 25: 93-98.
- Guillen-De la Cruz, P., E. de la Cruz-Lazaro, G. Castanon-Najera, R. Osorio-Osorio, N. P. Brito-Manzano, A. Lozano-del Rio y U. Lopez-Noverola

- (2009). Aptitud combinatoria general y específica de germoplasma tropical de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 101-107.
- Malik, H.N., S. Malik, S.R. Chughtai y H.I. Javed (2004). Estimates of heterosis among temperate, subtropical and tropical maize germplasm. *Asian Journal of Plant Sciences* 3: 6-10.
- Montesinos, L. O. A; Martínez, G. A; Mastache, L. A. A y Rendón, S. G. 2005. Mejor predictor lineal e insesgado para aptitud combinatoria específica de los diseños dos y cuatro de Griffing. *Rev. Fitotec. Mex.* 28 (4):369–376
- Salerno, J. C., D. G. Díaz, C. Robredo, R. Boggio & O. Sorarrain. (2000). La Carga genética en el mejoramiento genético del maíz. Actas de la XVIII Reunión Latinoamericana del Maíz. CIMMYT-EMBRAPA. Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. Pp: 211-218.
- SAHAGÚN C., J. 1997. Efecto de la endogamia en la estimación de varianzas genéticas en el Diseño II de Carolina del Norte. *Rev. Fitotec. Mex.* 20: 97-110.
- Shull, G. H. 1948. What is the heterosis. *Genetics* 439-446.
- Vergara A N, S A Rodriguez H, H S Cordoba O (2005) Aptitud combinatoria general y específica de líneas de maíz (*Zea mays L.*) tropical y subtropical. *Agron. Mesoam.* 16:137-143
- Zhang, Y.; Kang, M. S. and Lamkey, K. R. 2005. DIALLEL–SAS05: A comprehensive program for Griffing's and Gardner–Eberhart analyses. *Agron. J.* 97:1097–1106