

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS EN
RENDIMIENTO CON HÍBRIDOS SIMPLES A PARTIR DE LÍNEAS
ENDOGÁMICAS EN MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA GRANO EN
AGUASCALIENTES, AGS.**

POR:

IDAHI NATAEL ORTIZ ROBLERO

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA

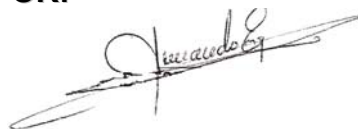
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. IDAHI NATAEL ORTIZ ROBLERO ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADO POR:

**Asesor
Principal:**



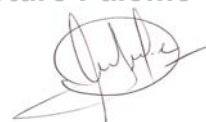
Dr. Armando Espinoza Banda

Asesor:




Dr. Arturo Palomo Gil

Asesor:



MC. Cesar Guerrero Guerrero

Asesor:



MC. José Guadalupe Luna Ortega

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS**



MC. Víctor Martínez Cueto.

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2008.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. IDAHI NATAEL ORTIZ ROBLERO QUE SE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DE H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR

Presidente:



Dr. Armando Espinoza Banda

Vocal:



Dr. Arturo Palomo Gil

Vocal:



MC. Cesar Guerrero Guerrero

Vocal suplente:



Ing. Enrique Leopoldo Hernández Torres

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



MC. Víctor Martínez Cueto

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2008.

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por el don de la vida y permitir la realización de éste sueño, que ahora es realidad, todo por su ayuda.

A mis padres

Larineo Ortiz Morales
Evarista Roblero Ortiz

...y hermanos:

Por su apoyo moral, espiritual y económicamente, lo cual hizo posible éste triunfo.

A la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro:

Por formarme como profesional y darme el conocimiento para enfrentarme al mundo laboral, además, de sustentarme dentro de sus instalaciones en todo aspecto.

A mis asesores:

Dr. Armando Espinoza Banda
Dr. Arturo Palomo Gil
M. C. Cesar Guerrero Guerrero
M.C. José G. Luna Ortega

Por su colaboración en la realización de la presente.

DEDICATORIA

A Dios:

Por el maravilloso amor que me tiene, y a pesar de todo, me ha ayudado a salir adelante.

A mi familia:

Como un reconocimiento a su infinito amor, apoyo y dedicación, aunque con sacrificios, es recompensado con este logro.

A mis compañeros:

Por el apoyo mutuo y por haber compartido momentos inolvidables, que como hermanos, les deseo lo mejor.

A mi novia:

Anna V. Matul Morales

Por ser parte importante de mi vida, además del compañerismo, el cariño y amor que hemos vivido y, ser la ilusión de mi existencia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos.....	I
Dedicatoria	II
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Hipótesis	3
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Importancia del cultivo	4
2.1.1 Importancia mundial.....	4
2.1.2 Importancia nacional	5
2.2 El negocio de las semillas de maíz	5
2.3 Hibridación	6
2.3.1 Historia de la hibridación	7
2.4 Híbridos	7
2.4.1 Objetivos de la hibridación	7
2.4.2 Tipos de híbridos	8
2.4.2.1 Híbrido simple	8
2.4.2.2 Híbrido doble	8
2.4.2.3 Híbrido trilineal	8
2.5 Endogamia	9
2.6 Aptitud combinatoria	10
2.6.1 Aptitud combinatoria general	11
2.6.2 Aptitud combinatoria específica	11
2.7 Heredabilidad	12
2.8 Vigor híbrido o heterosis	12
2.9 Diseños genéticos: Diseños de Carolina del norte	13
III MATERIALES Y MÉTODO	14
3.1 Localización geográfica	14
3.2 Material genético utilizado	14

3.3 Manejo Agronómico	15
3.3.1 Siembra	15
3.3.2 Fertilización	16
3.3.3 Riego	16
3.3.4 Control de maleza	16
3.3.5 Control de plagas	16
3.3.6 Cosecha.....	16
3.4 Variables a evaluar	17
3.5 Diseño y parcela experimental.....	17
3.6 Análisis estadístico	17
3.7 Análisis genético	18
3.8 Cuadro de las esperanzas de los cuadrados medios (ECM)	18
3.9 Aptitud combinatoria	18
3.10 Componentes de varianza	19
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1 Análisis estadístico	21
4.2 Comportamiento promedio de los componentes de rendimiento de grano	22
4.3 Comparación de medias de las 15 mejores cruzas	23
4.4 Efectos de Aptitud Combinatoria General	24
4.5 Efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE)	25
4.6 Correlaciones del rendimiento y sus características	26
4.7 Estimación de las varianzas genéticas	27
4.8 Correlación de los componentes genéticos	28
V CONCLUSIONES	30
VI RESUMEN	31
VII BIBLIOGRAFÍA	32
APENDICE	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro de las esperanzas de los cuadrados medios (ECM)	18
Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza y nivel de significancia estadística usando el diseño Carolina del Norte II. Aguascalientes, Ags. 2007	22
Cuadro 4.2. Comportamiento promedio de rendimiento entre líneas endogámicas de maíz usadas como machos (M) y hembras (H) ciclo Primavera-Verano, Aguascalientes, Ags. 2007	23
<i>Cuadro 4.3. Promedios de rendimiento y sus resultantes del diseño II de Carolina del Norte, ciclo agrícola de primavera-Verano, Aguascalientes, Ags. 2007</i>	<i>24</i>
<i>Cuadro 4.4. Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) estimados en maíz para grano de las ocho características evaluadas. Aguascalientes, Ags. 2007</i>	<i>25</i>
<i>Cuadro 4.5. Aptitud combinatoria específica (ACE) de las 15 mejores cruzas de maíz para rendimiento de grano y sus componentes. Aguascalientes, Ags. 2007 ...</i>	<i>26</i>
<i>Cuadro 4.6. Estimación de los coeficientes de correlación del rendimiento y componentes de rendimiento en maíz. Ciclo primavera-verano. Aguascalientes, Ags. 2007</i>	<i>27</i>
<i>Cuadro 4.7. Valores estimados de los principales parámetros genéticos, basados en los cuadrados medios del análisis de varianza, usando el diseño Carolina del Norte II, de las características evaluadas de maíz. Aguascalientes, Ags. 2007.....</i>	<i>28</i>
<i>Cuadro 4.8. Correlación de los componentes genéticos. Aguascalientes, Ags. 2007</i>	<i>29</i>

I. INTRODUCCIÓN

La situación económica y social del campo en México, ofrece un panorama desolador frente al inicio del siglo, el crecimiento poblacional, la dependencia alimenticia con los Estados Unidos de América, las necesidades globales de alimento, el cambio climático debido al deterioro ambiental y sus efectos en la incidencia de sequías e inundaciones, crea un panorama de incertidumbre. Regiones donde las necesidades de agua impedirán la autosuficiencia alimenticia, la pérdida de tierras cultivables por la erosión, el incremento del área urbana, la recreación e industria, la falta de conciencia del gobierno federal, al disminuir en los últimos 30 años el apoyo a la investigación agrícola y la mayor presión en la competitividad internacional, causada por la globalización (López, 2003).

Nuestro país es considerado como el centro de origen del maíz y el de mayor diversidad de especies. Y a pesar de la gran cantidad de agricultores que existe en nuestro país aun no se ha podido sustentar la demanda de este grano teniendo que importarlo de otros países, como estados unidos entre otros, estos acontecimientos es más notorio en las comunidades rurales ya que no cuentan con tecnología necesaria, semillas mejoradas y el conocimiento básico para manejar este cultivo teniendo rendimientos muy bajos, a tal grado que no les alcanza para satisfacer sus necesidades y por ello tener que comprarlo. Esto como consecuencia, los lleva a la escasez económica obligándolos a emigrar a otros países en busca de nuevas alternativas de vida.

Estudios indican que el maíz es viable cuando en promedio produce 6 t ha^{-1} de grano y superen las 45 ton/ha-1 de forraje verde con manejo óptimo. En nuestro país actualmente en diferentes instituciones se llevan a cabo programas de mejoramiento, ya que las variedades de híbridos de maíz que se explotan comercialmente presentan un comportamiento muy distinto cuando se siembran en diferentes regiones. Parte del mejoramiento genético se enfoca hacia la generación de materiales mejorados de maíz de amplia adaptabilidad por lo que los híbridos varietales juegan un papel muy importante. El mejoramiento del maíz como en todas las especies cultivadas, es un proceso continuo por lo que surgen nuevos métodos y técnicas para la formación de variedades e híbridos para uso

comercial. La investigación de maíz para grano se ha enfocado a incrementar la producción, y para alcanzar esto es necesario la selección del mejor híbrido (Núñez et al., 1999). Sin embargo es necesario mejorar las prácticas agronómicas que utilizan la mayoría de productores, a través de la transferencia y la adopción de tecnología disponible, la cual ha demostrado adecuación y pertinencia para aumentar significativamente los bajos rendimientos actuales.

La falta de híbridos para el centro de Aguascalientes, representa un problema actual, pues no existe un programa de mejoramiento permanente en esta región, donde predominan híbridos introducidos de compañías multinacionales desarrollados para otras regiones del país. Los estudios sobre el conocimiento de la acción génica que controla los caracteres de interés económico, es básico en un programa de mejoramiento para lograr avances reales.

El mejoramiento genético es un proceso continuo y constante en la formación de nuevas variedades e híbridos comerciales. El conocimiento de los diversos tipos de acción génica y la importancia de éstos en la determinación de caracteres de interés, es básico para lograr avances rápidos en un programa de mejoramiento genético. Para conocer la acción génica de caracteres cuantitativos, que permiten determinar la aptitud combinatoria de los padres, seleccionar los mejores progenitores y diseñar los métodos de mejoramiento más eficientes se han desarrollado sistemas de apareamiento o diseños genéticos (Comstock y Robinson, 1948 y Griffing, 1956).

1.1 Objetivos

- Evaluar híbridos simples de maíz para producción de grano a partir de líneas altamente endogámicas.
- Identificar los mejores híbridos simples con base al comportamiento de las cruces de las líneas.

- Seleccionar los híbridos altamente productivos que se adapten a esta zona del país.

1.2 Hipótesis

H_a.: Que todos los híbridos simples presenten igual comportamiento para rendimiento y características evaluadas.

H_o.: Que al menos uno de todos los híbridos simples sea diferente en comportamiento y características evaluadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo

Desde las culturas prehispánicas hasta la actualidad, el maíz es el cultivo más importante en México, fuente principal de alimentación rural y urbana y generadora de empleos. En su producción de autoconsumo y empresarial participan alrededor del 90 por ciento de los productores agrícolas del país. Los aspectos anteriores enfatizan el impacto que el maíz tiene como cultivo estratégico para mantener la estabilidad y la soberanía del país. A pesar de la importancia que tiene el maíz para los mexicanos, por diferentes factores cada año crecen las importaciones de grano del exterior para cubrir las necesidades en México. Durante los últimos años, la demanda mayor proviene de los industriales de la harina y alimentos pecuarios. (Tinoco *et al.*, 2002).

Aún los agricultores de pequeña están dispuestos a usar semilla híbrida, si esta tiene el potencial de superar claramente los rendimientos de los materiales que ellos usan (Espinoza *et al.*, 2003).

2.1.1 Importancia mundial

El maíz se cultiva en aproximadamente 140 millones de hectáreas (M ha) en todo el mundo: 97 M ha en los países en desarrollo, 34 M ha en los países industrializados, y 9 M ha en Europa oriental y en la ex Unión Soviética (CIMMYT, 1994).

El maíz constituye el alimento básico de varios cientos de millones de personas en el mundo en desarrollo. En el este y el sur de África, el habitante promedio consume 80 kg de maíz cada año; en México, América Central y el Caribe, 170 kg. Asimismo, en el este de Asia la utilización anual de maíz per cápita es de 100 kg en promedio, y en el Cono Sur, de más de 190 kg. En ambos casos se utiliza principalmente para alimentar a los animales. Desafortunadamente, los países en desarrollo no producen suficiente maíz para satisfacer su demanda interna y deben, por tanto, importar cerca de 30 millones de toneladas de maíz cada año. Aproximadamente 58% de la superficie dedicada

al maíz en los países en desarrollo se siembra con maíz mejorado: 44% con híbridos, 14% con variedades de polinización libre mejoradas (VPL) y 42% con VPL no mejoradas. Las VPL ocupan un lugar importante en la cultura del maíz en los países en desarrollo. En cambio, en los países industrializados, casi 100% de la superficie dedicada al maíz se siembra con híbridos (CIMMYT, 1999).

2.1.2 Importancia nacional

La producción total anual de maíz bajo riego y temporal fue 19 874245 toneladas en el quinquenio 2000 – 2004, sin embargo, la dependencia de maíz del mercado internacional también ha aumentado, alcanzando un promedio anual de 5.5 millones de toneladas en el mismo periodo. La superficie anual cosechada total fue de 7 455 661 hectáreas. Estas cifras indican que la producción nacional de grano de maíz es de 78% del consumo nacional. Siendo el maíz el grano básico nacional, conviene preguntarse sobre las posibilidades de dejar de perder terreno en cuanto al autoabastecimiento, mientras se incrementa el consumo del grano (Rodríguez y De León, 2008).

Diversos estados han llevado a cabo importantes ensayos de rendimiento de maíz en distintas zonas. Estos ensayos están destinados a determinar la adaptación de los diversos híbridos a las diferentes partes del estado. (Harold y Rocker, 1984)

2.2 El negocio de las semillas de maíz

El primer maíz híbrido a ser comercializado se desarrolló en 1926, y desde la década de 1930, se expandió en todo el cinturón del maíz de los Estados Unidos. En 1960, el 95% del maíz sembrado en Estados Unidos era híbrido. Hoy es prácticamente el 100%. El maíz híbrido permitió la expansión de esta industria y proporcionó dos ventajas fundamentales a las empresas productoras de semillas: 1).El fenotipo del maíz híbrido no revela cuáles son sus ancestros, lo que ofrece a las empresas un control sobre la propiedad de sus semillas y, 2). El vigor de los híbridos se pierde en la segunda generación, por lo que el agricultor tiene que volver a comprar semillas cada año. Hasta 1970, la mayoría de

empresas de semillas eran independientes, y su producción se realizaba a nivel familiar y regional. En la década de 1970 estas empresas desaparecieron, cuando empresas transnacionales farmacéuticas, de agroquímicos y de alimentos las compraron. En ese entonces, estaban en el negocio de las semillas Shell, Ciba Geigy, Sandoz, Upjohn, Celanese. Un incentivo para invertir en el sector semillas fue la expansión de los derechos de propiedad intelectual sobre los mejoradores de semillas. Para 1989 de las 14 grandes empresas semilleras quedaban sólo 7. Entre ellas, Pioneer Hi-Bred mantenía la supremacía. Estados Unidos es un exportador neto de semillas. Los principales importadores de semillas de maíz son Italia, México, Canadá, Francia, Holanda, España (esto no incluye las semillas exportadas como ayuda alimentaria). Los principales importadores de semillas de soya son: México, Italia y Japón. En 1996 se exportó desde Estados Unidos US\$ 698 millones en semillas. Pero también importa semillas de calidad de maíz, forraje, hortalizas, flores. En 1985 importó US\$ 87 millones en semillas, y en 1996 esta cantidad ascendió a US\$ 314 millones. Los principales exportadores de semillas hacia Estados Unidos son Canadá (28% del total), Chile (18%), y Holanda (9%). Hay semillas que son importadas y reexportadas (Hivos, 2004).

2.3 Hibridación

La hibridación es un método de mejoramiento genético que utiliza la polinización cruzada entre progenitores genéticamente distintos con el propósito de obtener recombinación genética. Después de llevarse a cabo la polinización cruzada, se cultivan generaciones segregantes y se seleccionan líneas puras una vez que se ha alcanzado la homocigosidad. El propósito es identificar y seleccionar líneas que combinen genes deseables provenientes de ambos progenitores. Las líneas seleccionadas se evalúan mediante pruebas de progenie para verificar la presencia de una combinación de genes deseables. Las líneas que demuestren ser superiores pueden multiplicarse como un nuevo cultivar (Poehlman y Allen, 2005). La hibridación es un método de mejoramiento genético con mayor eficiencia en la producción de maíz, ya que los resultados reflejan un incremento marcado en productividad sobre los niveles de rendimiento de las variedades de polinización libre, debido a que se explotan directamente el fenómeno de vigor híbrido o heterosis (CIMMYT, 1987).

2.3.1 Historia de la hibridación

El mejoramiento de maíz tiene su inicio en 1905 cuando G. H. Shull inicio sus experimentos de autofecundación de maíz, en Cold Spring Harbor, New York. Cuyo interés fue estudiar la influencia del modo de polinización, en el número de hileras de granos de las mazorcas. Para ese entonces no tuvo una idea de la significación de sus trabajos, ni de su aplicación a la mejora del maíz. Al mismo tiempo, el doctor E. M. East empezó a autofecundar maíz en la estación agrícola de Illinois, trataba de estudiar los efectos de la autofecundación y de la fecundación cruzada, y al igual que Shull, no previó el gran efecto que iban a tener sus trabajos sobre la mejora del maíz. Los conceptos que de estos trabajos se derivan, se resume del modo siguiente: 1) el aislamiento de líneas autofecundadas, con buenas perspectivas, que se reproduzcan iguales a si mismas en relación con los caracteres que posean, 2) la determinación de las líneas más productivas en las cruza y, 3) la utilización de las mejores cruza para la producción comercial del maíz híbrido (Harold y Rocker, 1984).

2.4 Híbridos

El maíz híbrido es la primera generación de una cruza entre líneas autofecundadas involucrando el proceso de híbridos. El vigor híbrido generalmente se determina para caracteres como tamaño o rendimiento, pero estos son sólo productos finales de los procesos metabólicos, cuyos patrones están en los genes (Chávez y López, 1995 y Poehlman y Allen, 2005). Un híbrido obtiene un aumento de tamaño o vigor con respecto a sus progenitores. El término heterosis se usa para denominar el incremento en tamaño y vigor después de los cruzamientos. Todas las líneas endogámicas de maíz son inferiores a las variedades de polinización libre de donde se obtuvieron tanto en vigor como en rendimiento. El uso final de las líneas es la producción de híbridos (Allard 1980).

2.4.1 Objetivos de la hibridación

El objetivo de producir maíz híbrido es producir combinaciones nuevas y mejores de caracteres convenientes, en plantas que den mejores rendimientos de maíz de calidad. Muchos híbridos producen de un 15 a un 20% más de grano que las variedades disponibles de polinización abierta. Los mejores híbridos tienen además la ventaja de una maduración más temprana, y produce un mayor porcentaje de semilla comercial. Actualmente se presta más atención a la producción de híbridos con resistencia a enfermedades o que posean características favorables en la planta (Harold y Rocker, 1984).

2.4.2 Tipos de híbridos

2.4.2.1 Híbrido simple

Un híbrido simple es el que se obtiene cruzando dos líneas puras (Ramírez, 2006). Es un híbrido creado mediante el cruzamiento de dos líneas endogámicas, la semilla de híbridos F_1 es la que se vende a los agricultores para la siembra, por lo común los híbridos simples son más uniformes y tienden a presentar un mayor potencial de rendimiento en condiciones ambientales favorables (Chávez y López, 1995). Son híbridos entre dos líneas. Tiene el inconveniente de que produce un rendimiento muy bajo de semilla, sin embargo, producen plantas y mazorcas más uniformes que cualquier otro tipo de híbrido. (Harold y Rocker, 1984)

2.4.2.2 Híbrido doble

Un híbrido doble se obtiene del cruzamiento entre 2 híbridos simples. Por tanto en su composición intervienen cuatro líneas puras diferentes. Son más variables que los simples pero presentan una mayor adaptación (Ramírez, 2006). Es algo análogo a la cruce de tres líneas, pero se combinan en ella dos cruces simples. Tiene un rendimiento muy bueno de semilla de calidad, debido a que las plantas vigorosas suelen producir polen en abundancia (Harold y Rocker, 1984).

2.4.2.3 Híbrido trilineal

Es una cruce de tres líneas; se lleva a cabo cruzando un híbrido de cruce simple, con una tercera línea autofecundada. Su principal valor se deriva de que los primogénitos tienen buena capacidad de rendimiento (Harold y Rocker, 1984). Ramírez (2006), lo denomina híbrido tres vías y es el resultado del cruzamiento de un híbrido simple, como parental femenino, y una línea consanguínea como macho. Como el híbrido doble, tiene mayor plasticidad que el híbrido simple y menor variabilidad que el doble.

2.5 Endogamia

Para producir maíz híbrido, hay que empezar por crear o adquirir líneas autofecundadas, los cuales se obtienen por métodos de autofecundación (Harold y Rocker, 1984). La endogamia es cualquier sistema de apareamiento que hace que aumente la homocigosidad, ocurre cuando se aparean individuos que están emparentados por ancestría. Entre las especies de polinización cruzada natural, el maíz es un cultivo particularmente favorable para estudiar los efectos de la endogamia, ya que es fácil hacer las autopolinizaciones y normalmente se obtiene una buena formación de semilla después de la autopolinización. Una línea endogámica es una línea de mejoramiento homocigótica que se obtiene y mantiene mediante autopolinización el propósito de la endogamia es reducir la progenie de una planta heterocigótica a una gama de líneas endogámicas, homocigóticas y distintas. Es necesario que la línea endogámica tenga una producción potencial suficiente para que pueda mantenerse y utilizarse en forma económica como línea progenitora para producir semilla híbrida. Las líneas de maíz endogámicas son poblaciones de plantas homocigóticas idénticas (ó casi idénticas), que de ordinario se obtiene por autopolinización. Las líneas endogámicas son: a) el producto de cruzar endogámicamente plantas heterocigóticas provenientes de poblaciones de polinización libre hasta que se alcanza la homocigosidad, ó b) el producto de cruzar endogámicamente poblaciones segregantes después de un cruzamiento entre dos líneas endogámicas. El vigor híbrido y la productividad que se perdieron durante la endogamia se recuperan en el híbrido cuando se cruzan las líneas endogámicas (Poehlman y Allen, 2005). El cruzamiento simple (A X B) es la combinación híbrida más simple. Después de obtener una línea de maíz endogámica debe

cruzarse con otra línea endogámica para producir el híbrido de cruzamiento simple que es cultivado por el agricultor. Las líneas endogámicas se evalúan en cuanto a su acg utilizando cruzamientos de prueba y en cuanto a su *hace* utilizando cruzamientos dialelicos (Poehlman y Allen, 2005). El progenitor hembra de un híbrido simple es una línea endogámica, la cual, por efecto de la depresión de endogamia, es normalmente de bajo rendimiento de semilla, y requiere normalmente una mayor proporción de plantas progenitoras macho en la producción del híbrido, incrementando aún más los costos de producción por unidad de área. En contraste, el progenitor hembra de híbridos dobles y trilineales es una crusa simple, normalmente de alta capacidad productiva. El uso de cruza simples en la producción de híbridos dobles o trilineales, reduce considerablemente el problema de bajos rendimientos de semilla que tienen los híbridos simples, lo cual se traduce en costos de producción de híbridos dobles y trilineales considerablemente más bajos. A medida que se usan más líneas endogámicas para la producción de híbridos, la heterosis o vigor híbrido, que es responsable por los altos rendimientos potenciales, se reduce. Es decir, los híbridos simples tienen un potencial de rendimiento más elevado que los trilineales, y estos a su vez mayores que los híbridos dobles (Espinoza *et al.*, 2003).

2.6 Aptitud combinatoria

El aspecto práctico del mejoramiento genético del maíz por hibridación está basado en el desarrollo de líneas autofecundadas y la evaluación de su aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para la obtención de híbridos comerciales de alto rendimiento. Dado que el comportamiento de las líneas *per se* no provee de una completa medida de su valor en combinaciones híbridas (Hallauer, 1990). Algunas líneas endogámicas se combinaran con un gran número de otras líneas endogámicas para producir progenies híbridas de alto rendimiento; otras línea endogámicas se combinaran de manera satisfactoria con pocas o ninguna líneas endogámicas. La capacidad que tiene una línea endogámica para transmitir rendimiento deseable a la progenie híbrida se conoce como aptitud combinatoria (Poehlman y Allen, 2005). La aptitud o habilidad combinatoria para rendimiento de líneas endocriadas es un factor determinante de su utilidad en la

formación de híbridos (Sprague & Tatum, 1942; Griffing, 1956). El término aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, dicha capacidad es por medio de su progenie y debe determinarse no sólo en un individuo de la población sino en varios, con el propósito de poder seleccionar los cruzamientos más adecuados para sustituir los híbridos comerciales (Gutierrez *et al.*, 2002). La aptitud combinatoria es la capacidad de un genotipo o de una población, de dar descendencia híbrida caracterizada por la alta expresión de un carácter. Mide la capacidad para producir heterosis en ciertos caracteres y se mide evaluando el comportamiento del genotipo o población en todos los cruzamientos posibles (Ramírez 2006).

2.6.1 Aptitud combinatoria general

La aptitud combinatoria general (ACG) se define como el comportamiento medio de una línea en combinaciones híbridas (Sprague & Tatum, 1942; Griffing, 1956). La ACG está relacionada a factores genéticos con efecto aditivo (Morata, *et al.*, 2006). La aptitud combinatoria general (ACG) es el efecto promedio que una línea causa a sus cruzas, medido como la desviación de la media general; es decir lo que una línea hereda a sus progenitores en promedio de muchas cruzas (Chávez, 1994). La aptitud combinatoria general de una línea endogámica es la contribución promedio que hace ésta al rendimiento del híbrido en una serie de combinaciones de este último, en comparación con la contribución que otras líneas endogámicas hacen al rendimiento del híbrido en la misma serie de combinaciones. La aptitud combinatoria general de una línea endogámica se evalúa cruzando ésta con otras líneas endogámicas y comparando el rendimiento total de las progenies de cruzamiento simple. La aptitud combinatoria general evalúa la porción aditiva de los efectos genéticos (Poehlman y Allen, 2005). Se idearon distintos procedimientos para ensayar la aptitud combinatoria sobre la base de cruzamientos naturales; el método del policruzamiento es el más utilizado, lo consiste en obtener la descendencia de cada línea por todos los demás, realizar un ensayo comparativo de las descendencias y seleccionar las líneas cuya descendencia policruzada tiene mayor productividad. Las líneas seleccionadas son, por tanto, las que muestran mejor ACG (Ramírez 2006)

2.6.2 Aptitud combinatoria específica

La aptitud combinatoria específica (ACE), como el comportamiento esperado sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas, como los casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen mejor (o peor) de lo que podía esperarse sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas, en resumen, la ACE es el rendimiento relativo de cada cruce específica (Sprague y Tatum, 1942). La ACE está relacionada a factores genéticos con efecto no aditivo (dominancia y epistásis) (Morata, *et al.*, 2006). La aptitud combinatoria específica es la contribución que una línea endogámica hace al rendimiento del híbrido en un cruzamiento con una línea endogámica especificada, en relación con las contribuciones que hacen en cruzamientos con una serie de líneas endogámicas especificadas. Evalúa la acción génica no aditiva y se utiliza para identificar la combinación de cruzamiento entre líneas endogámicas con rendimiento superior (Poehlman y Allen, 2005).

2.7 Heredabilidad

Es el término que se ha usado para indicar el grado en que el fenotipo refleja al genotipo para un carácter particular en una población de plantas; pero lo más importante es la porción de la variación fenotípica observada de planta que es reflejada en la descendencia. El conocimiento sobre este término es de vital importancia en el mejoramiento de plantas para determinar el mejor método que se debe utilizar para alcanzar más rápido el objetivo. La estabilidad de una población en cuanto a la expresión de un carácter está determinado por factores genéticos y ambientales; para saber en qué medida influye cada factor, se recurre al cálculo del parámetro de heredabilidad. Chávez y López (1995), la heredabilidad se refiere a la capacidad que tienen los caracteres para transmitirse de generación en generación, es decir, que esta se pueda considerar como el grado de parecido entre los individuos de una generación y la siguiente. (Chávez, 1993 y Chávez y López 1995).

2.8 Vigor híbrido o heterosis

El vigor híbrido es el incremento en tamaño, vigor o productividad de una planta híbrida sobre el promedio o media de sus progenitores (Poehlman y Allen, 2005). Ramírez (2006), lo define como la superioridad del híbrido producto de cruzar líneas consanguíneas entre sí. Y además, menciona, que es más fácilmente observable en los híbridos entre líneas homocigóticas de plantas alógamas, que en los híbridos entre genotipos distintos de plantas autógamias, pero también en éstas pueden obtenerse incrementos notables en vigor y productividad entre genotipos bien elegidos.

2.9 Diseños genéticos: Diseños de Carolina del norte

Comstock y Robinson (1948), en Carolina del Norte, propusieron tres tipos de diseños genéticos, según la forma de aparearse los progenitores:

Diseño I. En éste, cada progenitor usado como macho se aparee con un grupo de progenitores hembras, en donde cada una de las hembras sólo participa en una sola cruce. Este diseño permite las estimaciones de las varianzas aditivas y de dominancia, las progenies descendientes del mismo macho son medios hermanos y forman parte del mismo grupo.

Diseño II. También llamado diseño factorial. En este diseño un grupo de padres son usados como machos y un grupo diferente de padres son usados como hembras, en comparación con el diseño dialélico, a medida que se incrementan los progenitores se incrementan al doble las cruces que se deberán de evaluar, además las esperanzas de los cuadrados medios de los machos y las hembras, equivalen a la ACG y la de la interacción machos x hembras equivale a la ACE (Hallauer y Miranda, 1998)

Diseño III. Este modelo ha sido primeramente usado en poblaciones F2 de maíz para determinar efectos de ligamientos en la estimación de varianzas aditivas, varianzas de dominancia y el grado de dominancia de los genes que afectan un carácter determinado. Las progenies evaluadas son desarrolladas por retrocruces de plantas So individuales de la población F2, hacia ambos progenitores de la

F1(líneas endogámicas), hay un par de progenies por cada macho de F2 que deberá ser evaluada (Márquez, 1988).

III. MATERIALES Y MÉTODO

El experimento se realizó en el ejido El Niágara, Municipio de Aguascalientes, Ags. En el ciclo primavera-verano del año 2007, como parte del programa de mejoramiento genético que realiza el departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

3.1 Localización geográfica

El Ejido Niágara está situado en la región occidental de la Altiplanicie Mexicana, en las coordenadas 21° 53" de latitud norte, 102° 18" de latitud oeste a una altura de 1,870 metros sobre el nivel del mar, El clima es semiárido templado, con una temperatura media anual de 17°C, registrándose las más altas temperaturas en los meses de abril, mayo y junio, y las más bajas en los meses de septiembre, enero y febrero. El suelo es de tipo migajón arenoso. La precipitación pluvial es de 526 milímetros, con lluvias abundantes en verano y poca intensidad el resto del año. Los vientos dominantes son alisos en dirección sureste-noreste durante el verano y parte del otoño.

3.2 Material genético utilizado

El material genético utilizado proviene de tres programas. 11 líneas altamente endogámicas provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), dos líneas de origen del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y once líneas provenientes del programa de mejoramiento de la UAAAN-UL, teniendo el siguiente orden, origen y descripción:

M1; L-AN 447. Línea de 8 autofecundaciones, derivada de generaciones avanzadas del Híbrido AN-447 con características de amplia adaptabilidad.

M2; L-AN 130. Proviene de la F4 del H-507, cruzada con la población de El Bajío denominada Celaya-2.

M3; L-AN 123. Obtenida de forma divergente y contrastada de var. Criolla de Jal. de hojas pálidas y onduladas.

M4; L-AN 388P. Línea enana, con hojas anchas y suculentas generada a partir de la F3 del híbrido AN-388.

M5; L B-32. La cual esta identificada con la genealogía H-353-245-6-10.

M6; L B-40. Con origen de formación en INIFAP-B40.

M7; CML-316 CIMMYT, Pob500P500c0F114-1-1-B*3.

M8; CML-311 CIMMYT, Pob500S89500 F2-2-2-2-B*5

H1; L-AN 123 R. Línea de alta endogamia formada de variedad Criolla del municipio de Concepción, Jalisco con precocidad y tolerancia a sequía.

H2; L-AN 360 PV. Línea obtenida de la población enana denominada Pancho Villa, vigorosa y con hojas anchas.

H3; L B-39. Cuyo origen proviene de INIFAP-B39.

H4; CML-319 CIMMYT. RecyW89(Cr.Arg/CIM.ShPINPH)6-3-2-4-B-B.

H5; CML-264 Pob21 CIMMYT, POB21C5F219-3-1-B-__ -8-1-3-BBB-f.

H6; CML-254 Pob21 CIMMYT, TUXSEQ-149-2-BBB-__ -1-BB-F.

H7; CML-313 CIMMYT, Pob501c0F6-3-3-2-1-B-B.

H8; CML-273 Pob43 CIMMYT, (ACT643*43F7)-2-3-2-1-bb-F.

H9; CML-247 Pool24 CIMMYT, (G24F119*G24F54)-6-4-1-1-BB-f.

H10; CML-271 Pob29 CIMMYT, pob29stec1hc25-6-4-1-_-BBB-F.

H11; CML-278 Pob43 CIMMYT, DMANTES8043-53-1-1-b-__ -1-BB-f.

H12; CML-315 CIMMYT, Pob500P500c0F246-4-1-2-2-B*3

H13; CML-318 Recy W87[B810(66)S3/G24S2]-B-8-1-1-3-B*4.

H14; CML-321 Pop 502 P502c0F1-1-3-1-B*4.

H15; LE M426 LE M426.

H16; BANDAL 59 Pob59.

3.3 Manejo Agronómico

3.3.1 Siembra

La siembra se realizó el 21 de junio, con previa preparación del terreno, depositando de manera manual una semilla a cada 5 cm aproximadamente, con espacios de 0.75 m entre hileras y utilizando 2 surcos de 3 m de longitud para cada híbrido y utilizando doble repetición y diseño de bloques al azar; 30 días después de su emergencia se hizo un aclareo dejando 6 plantas por metro lineal (16.6 cm entre plantas), es decir, 36 plantas por lote.

3.3.2 Fertilización

La fertilización se efectuó con la fórmula 200 N, 90 P y 00 K, lo cual se aplicó en dos etapas: el 50% de N y el total de P en el momento de la elaboración del surco y el resto en el momento de realizar la labor de escarda.

3.3.3 Riego

Se utilizó el método por gravedad: uno de presiembra y 3 de auxilio procurando con esto una humedad constante y equilibrada durante todas las etapas del cultivo hasta la maduración del mismo.

3.3.4 Control de maleza.

El control de maleza se realizó por el método manual; haciendo un desyerbe en el momento de presentarse las primeras malas hierbas. Consecutivamente, al efectuarse la escarda se eliminó parte de la maleza existente, así mismo se procuro el aporcado del cultivo, después se eliminó el resto de la maleza.

3.3.5 Control de plagas

Los insectos más comunes que se presentaron fueron el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y la pulga negra (*Chaetocnema pulicaria*) los cuales se combatieron de manera manual utilizando insecticida a base de permetrina, con nombre comercial Rostov, a una dosis de 1 Lt/Ha para la primera y en el caso de la pulga negra se utilizó clorpirifós (Lorsban 480), un concentrado emulsionable, utilizando 1 Lt/Ha, haciendo la aplicación de manera manual.

3.3.6 Cosecha

La cosecha se hizo cuando el grano presento un estado maduro y seco; se tomaron 3 muestras de cada parcela y posteriormente la evaluación de los híbridos.

3.4 Evaluación de cruzas

Las variables que se evaluaron para el experimento

- Rendimiento de grano (RG), en tha^{-1} .
- Peso de la mazorca (PMZ), en tha^{-1} .
- Peso del olote (PO), en tha^{-1} .
- Longitud de la mazorca (LMZ), en cm.
- Diámetro de la mazorca (DMZ), en cm.
- Número de granos por hilera (NGH), numérico.
- Peso de mil granos (PMS), en gramos.
- Peso volumétrico (PV) en gramos/L.

3.5 Diseño y parcela experimental

Se realizaron 128 cruzas posibles directas utilizando el diseño genético Carolina del Norte II propuesto por Comstock y Robinson (1948), utilizando 6 plantas por metro lineal en surcos de dos metros de longitud por 0.75 m dando un total de 3.0 m^2 por parcela experimental y una densidad de población de 85, 000 plantas por ha. Estas actividades se realizaron en la época primavera-verano 2006; posteriormente, en el año siguiente y en la misma época, se llevo a cabo la evaluación de las cruzas en campo.

3.6 Análisis estadístico

El análisis estadístico para las seis variables evaluadas se realizo con el paquete SAS (SAS Institute. Inc.; SAS. B. 1998) El diseño utilizado en este experimento fue de bloques al azar con dos repeticiones. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t; j = 1, 2, \dots, r.$$

Donde:

Y_{ij} = La observación del tratamiento i en la repetición j .

μ = media general,

τ_i y β_j = los efectos de tratamientos y repeticiones,

ε_{ij} = error experimental para cada observación.

3.7 Análisis genético

El diseño genético que se utilizó es Carolina Norte II

3.8 Cuadro de las esperanzas de los cuadrados medios (ECM)

F.V.*	G.L.	C.M.	E.C.M
Repetición	(r-1)	M_4	$\sigma_e^2 + m\sigma_{rxh}^2 + h\sigma_{rxm}^2 + mh\sigma_r^2$
Machos (M)	(m-1)	M_3	$\sigma_e^2 + r\sigma_{mxh}^2 + rh\sigma_m^2$
Hembras (H)	(h-1)	M_2	$\sigma_e^2 + r\sigma_{mxh}^2 + rm\sigma_H^2$
MXH	(m-1)(h-1)	M_1	$\sigma_e^2 + r\sigma_{mxh}^2$
Error	(mh-1)	M_0	σ_e^2
Total	(rmh-1)		

3.9 Aptitud combinatoria

La aptitud combinatoria general y específica se estimaron de la siguiente manera

:

Ecuación de ACG

$$ACG = \frac{1}{n+2} \left[\sum (y_i + y_{ii})^2 - \frac{1}{2} y_{\dots}^2 \right]$$

Ecuación de ACE

$$ACE = Y_{ij} - \frac{1}{n+2} (Y_{i.} + Y_{.i} + Y_{.j} + Y_{j.}) + \frac{2}{(n+1)(n+2)} Y_{\dots}$$

Donde se deduce que el valor de $ACG = 1/2\sigma^2 A$ y el valor de $ACE = \sigma^2 D$, correspondiente a la varianza aditiva $\sigma^2 A$ y varianza de dominancia $\sigma^2 D$ respectivamente y en ambas proporcionan el valor de la varianza genética ($\sigma^2 G = \sigma^2 A + \sigma^2 D$).

3.10 Componentes de varianza

A partir de los cuadrados medios del análisis de varianza se estimaron los componentes de varianza utilizando las formulas siguientes:

Varianza aditiva: Es equivalente de dos veces la varianza de aptitud combinatoria general.

$$\sigma^2_{ACG} = \frac{1}{2} \sigma^2_A$$

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{ACG} \times 2$$

En donde:

σ^2_A = varianza de aptitud combinatoria específica.

σ^2_{ACG} = Varianza de aptitud combinatoria general.

Varianza de dominancia: es el equivalente de la varianza de aptitud combinatoria específica.

$$\sigma^2_D = \sigma^2_{ACE}$$

En donde:

σ^2_{ACE} = Varianza de aptitud combinatoria específica.

σ^2_D = Varianza de dominancia.

3) Varianza genética.

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D$$

4) Varianza fenotípica.

$$\sigma^2_p = \sigma^2_e + \sigma^2_G$$

5) Heredabilidad en sentido estricto (h^2).

$$h^2 = \sigma^2_A / \sigma^2_p \times 100$$

6) Heredabilidad en sentido amplio. (H^2).

$$H^2 = \sigma^2_G / \sigma^2_p \times 100$$

7) Grado de dominancia (d).

$$d = \sqrt{2 \sigma^2_D / \sigma^2_A}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis estadístico

Los valores de los cuadrados medios del análisis de varianza calculados usando el diseño Carolina del Norte II se presentan en el Cuadro 4.1, el cual indica que se encontró diferencias altamente significativas al ($P \geq 0.01$) para la fuente de variación machos (M), para las variables RG, PMZ, LMZ, DMZ, NGH y, significativo para PO. Para la fuente de variación hembras (H), las variables RG y PMZ resultaron altamente significativas. Para la interacción machos por hembras (MxH), de igual manera, las variables RG y PMZ presentaron alta significancia. Estas diferencias se deben a la variabilidad genética utilizada (INIFAP, 2006) y además concuerda con los resultados obtenidos por Antuna (2003) y De la Rosa (2000), quienes identificaron híbridos de maíz de alto rendimiento resultantes de una variabilidad genética entre las poblaciones de donde provinieron las líneas probadoras. Los coeficientes de variación para RG y PMZ fueron 24.67% y 19.89% cuyos valores son aceptables como medida de precisión en la conducción del experimento; el resto de los componentes de rendimiento comprenden dentro del rango de 4.24% y 23.55% esto se debe a que son caracteres de menor variación.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza y nivel de significancia estadística usando el diseño Carolina del Norte II. Aguascalientes, Ags. 2007.

F.V	G.L.	RG	PMZ	PO	LMZ	DMZ	NGH	PMS	PV
REP	1	3.09ns	3.63ns	0.02ns	52.74*	1.96**	211.15*	3915.63**	4,834.59*
M	7	11.34**	15.31**	0.38*	41.77**	0.81**	132.95**	443.87ns	956.22ns
H	15	3.81**	5.44**	0.17ns	15.75ns	0.10ns	44.05ns	321.99ns	1,283.02ns
M * H	105	2.76**	4.11**	0.14ns	8.91ns	0.18ns	45.67ns	374.77ns	1,064.95ns
ERROR	127	1.20	1.18	0.16	9.23	0.18	47.05	434.02	1,101.03
TOTAL	255								
MEDIA		4.45	5.46	1.01	16.66	4.74	35.64	148.25	782.04
C.V (%)		24.67	19.89	23.55	18.23	9.13	19.24	14.05	4.24

RG= Rendimiento de grano, PMZ= Peso de la mazorca, PO= Peso del olote, LMZ= Longitud de la mazorca, DMZ= Diámetro de la mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMS= Peso de mil granos, PV= Peso volumétrico. *, **= Significancia ($P \leq 0.01$) y ($P \leq 0.05 \square 0.01$), ns= no significativo.

4.2 Comportamiento promedio de los componentes de rendimiento de grano

Las medias del rendimiento y sus componentes de las líneas se muestran en el Cuadro 4.2. Los machos M4 (5.55 t ha^{-1}) y M1 (5.09 t ha^{-1}), y las hembras H8 (5.23 t ha^{-1}) y H12 (5.15 t ha^{-1}) resultaron estadísticamente superiores para RG. Para la variable PMZ continuaron mostrando superioridad los mismos machos y hembras, lo mismo que para la variable PO, solo que en esta las hembras más sobresalientes son H4 y H13. Las variables LMZ, DMZ y NGH contribuyen a mantener la superioridad de M1, lo mismo para M4, añadiéndose a éste la variable PMS. Para H8, DMZ y NGH forman parte del grupo superior estadístico; para H12, LMZ, NGH, PMS y PV son las características sobresalientes que más contribuyen a la manifestación de dicho rendimiento.

Cuadro 4.2. Comportamiento promedio de rendimiento entre líneas endogámicas de maíz usadas como machos (M) y hembras (H) ciclo Primavera-Verano, Aguascalientes, Ags. 2007.

LINEAS	RG	PMZ	PO	LMZ	DMZ	NGH	PMS	PV
M1	5.09**	6.26**	1.17**	17.96**	4.84**	38.72**	146.34	781.08
M2	3.82	4.78	0.95	15.29	4.67	34.52	148.06*	783.24*
M3	4.24	5.17	0.93	15.89	4.58	34.68*	146.83	787.52**
M4	5.55**	6.73**	1.18**	18.58**	5.05**	38.70**	156.82**	785.94*
M5	4.56*	5.54*	0.98	16.79*	4.76*	34.36	148.93**	771.59
M6	4.34	5.32*	0.98	16.52	4.64	34.55	148.05*	777.47
M7	4.07	4.94	0.87	15.55	4.77*	33.41	146.55	781.85
M8	3.94	4.96	1.01	16.72*	4.57	36.17*	144.43	787.65**
H1	4.07	5.04	0.96	17.25*	4.71	35.83	150.53	774.59
H2	3.88	4.85	0.96	16.03	4.69	33.91	141.94	774.67
H3	4.62	5.64	1.01	16.86	4.79	36.36	154.91**	797.23**
H4	5.03*	6.26*	1.22**	18.71**	4.73	36.75	148.70	781.38
H5	4.59	5.63	1.04	16.98	4.72	38.13**	149.98	792.89*
H6	4.14	5.09	0.95	15.94	4.65	34.88	154.61**	779.70
H7	4.68	5.73	1.05	16.92	4.83**	35.98	152.33*	793.86**
H8	5.23**	6.32**	1.08*	17.51*	4.83**	37.27**	146.43	778.38
H9	4.68	5.73	1.04	16.74	4.80	37.15*	142.88	778.01
H10	3.69	4.44	0.76	15.61	4.58	34.05	144.88	779.08
H11	4.26	5.27	1.01	15.95	4.81	35.09	145.36	783.86
H12	5.15**	6.28**	1.11*	18.18**	4.70	37.17*	154.01*	791.39*
H13	4.97*	6.10*	1.13**	16.93	4.81*	36.10	148.18	789.50
H14	4.06	5.01	0.95	16.15	4.59	35.63	145.51	778.30
H15	4.31	5.26	0.95	16.09	4.73	34.60	150.78	777.33
H16	3.85	4.79	0.93	14.73	4.81*	31.37	140.96	762.60

RG= Rendimiento de grano, PMZ= Peso de la mazorca, PO= Peso del olote, LMZ= Longitud de la mazorca, DMZ= Diámetro de la mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMS= Peso de mil granos, PV= Peso volumétrico. *, **= Significativo al ($P \leq 0.01$) y ($P \leq 0.05 \square 0.01$), ns= no significativo.

4.2 Comparación de medias de las 15 mejores cruzas

Los promedios de rendimiento de grano y sus componentes complementarios de las 15 mejores cruzas se pueden ver en el Cuadro 4.3, donde se encontró que las 15 cruzas más sobresalientes en rendimiento de grano (RG) están comprendidas dentro del rango de 7.39 y 5.94 t ha⁻¹; cuyo valor superior hace referencia a la cruz 6X12, seguida de la cruz 4X9 (7.12 t ha⁻¹). Para PMZ, las 15 cruzas presentadas quedaron dentro del grupo estadísticamente superior, aunque en algunos casos con valores invertidos. Considerando que algunos componentes de rendimiento influyen en los

resultados más que otros, para la cruz 6X12, el PMS aportación de M6 y LMZ al igual que NGH características sobresaliente de la H12, son las que más contribuyen a la expresión del rendimiento, según lo describe Borrás y Otegui (2001), que el peso del grano y las características asociadas con la mayor cantidad de granos producida son las que definen el rendimiento en cereales.

Cuadro 4.3. Promedios de rendimiento y sus componentes de las 15 mejores cruzas de maíz resultantes del diseño II de Carolina del Norte, ciclo agrícola de primavera-Verano, Aguascalientes, Ags. 2007.

CRUZA	RG	PMZ	PO	LMZ	DMZ	NGH	PMS	PV
6 X 12	7.39*	8.85*	1.46	17.10	4.90	39.35	153.70	786.55
4 X 9	7.12*	8.56*	1.44	18.15	5.35*	41.85	155.00	783.60
4 X 12	7.06	8.47	1.40	23.25*	5.05	40.35	157.20	783.60
1 X 11	6.93	8.45	1.52	19.00	5.30	41.80	113.95	739.75
2 X 13	6.89	8.52	1.64*	17.30	5.25	40.70	145.05	798.85
5 X 8	6.88	4.17	1.29	17.85	4.95	37.35	156.05	785.10
5 X 6	6.81	8.30	1.48	17.90	5.20	38.00	159.45	771.10
4 X 3	6.42	7.77	1.35	17.65	4.95	38.50	156.45	796.10
1 X 7	6.21	7.42	1.20	17.80	4.95	41.70	150.20	805.95
3 X 13	6.20	7.42	1.22	16.20	4.85	39.85	147.65	796.45
4 X 14	6.11	7.54	1.42	19.10	5.25	40.50	158.40	791.40
1 X 13	6.01	7.40	1.40	20.50	5.05	38.00	155.20	792.90
5 X 3	5.99	7.11	1.12	18.60	5.05	35.80	163.80	789.75
1 X 8	5.96	7.28	1.31	20.80	5.00	45.00*	112.10	739.75
3 X 14	5.94	7.23	1.29	16.95	4.95	39.20	146.15	761.75

RG= Rendimiento de grano, PMZ= Peso de la mazorca, PO= Peso del olote, LMZ= Longitud de la mazorca, DMZ= Diámetro de la mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMS= Peso de mil granos, PV= Peso volumétrico. *, **= Significativo al ($P \leq 0.01$) y ($P \leq 0.05 \square 0.01$), ns= no significativo.

4.4 Efectos de Aptitud Combinatoria General

Los mayores efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG), para las características de rendimiento de grano (RG), se presentaron en las líneas M1 y M4 que se usaron como machos; las líneas usadas como hembras, sobresalieron H3, H4, H8 y H12 (Cuadro 4.4), observándose que PMZ, LMZ y NGH fueron los caracteres que más contribuyeron a la expresión de ACG de M1, así como RG, PMZ, PO, LMZ, DMZ, NGH y PMS lo fueron para M4. Para las líneas H3, indica que PMS y PV son las variables evaluadas más contribuyentes de superioridad de

ACG; H4 sobresale por PMZ, PO y LMZ, entre tanto que para H8 y H12 son RG, PMZ, LMZ y NGH los caracteres que contribuyen a ser superiores. Con esto se deduce que las líneas M1 y M4, y las hembras H3, H4, H8 y H12 fueron los que presentaron una mayor contribución a la expresión fenotípica, en base a los valores altos y positivos de ACG, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Wong (2006), cuando evaluó los componentes genéticos en híbridos comerciales de maíz de grano.

Cuadro 4.4. Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) estimados en maíz para grano de las ocho características evaluadas. Aguascalientes, Ags. 2007.

LINEAS	RG	PMZ	PO	LMZ	DMZ	NGH	PMS	PV
M1	0.64*	0.80*	0.16	1.30*	0.10	3.08**	-1.91	-0.96
M2	-0.63	-0.68	-0.06	-1.37	-0.07	-1.12	-0.19	1.2
M3	-0.21	-0.29	-0.08	-0.77	-0.16	-0.96	-1.42	5.48
M4	1.1**	1.27**	0.17*	1.92**	0.31**	3.06**	8.57**	3.9
M5	0.11	0.08	-0.03	0.13	0.02	-1.28	0.68	-10.45
M6	-0.11	-0.14	-0.03	-0.14	-0.10	-1.09	-0.20	-4.57
M7	-0.38	-0.52	-0.14	-1.11	0.03	-2.23	-1.70	-0.19
M8	-0.51	-0.5	0.00	0.06	-0.17	0.53	-3.82	5.61
H1	-0.38	-0.42	-0.05	0.59	-0.03	0.19	2.28	-7.45
H2	-0.57	-0.61	-0.05	-0.63	-0.05	-1.73	-6.31	-7.37
H3	0.17	0.18	0.00	0.2	0.05	0.72	6.66**	15.19**
H4	0.58	0.80*	0.21*	2.05**	-0.01	1.11	0.45	-0.66
H5	0.14	0.17	0.03	0.32	-0.02	2.49*	1.73	10.85*
H6	-0.31	-0.37	-0.06	-0.72	-0.09	-0.76	6.36*	-2.34
H7	0.23	0.27	0.04	0.26	0.09	0.34	4.08	11.82*
H8	0.78*	0.86*	0.07	0.85	0.09	1.63*	-1.82	-3.66
H9	0.23	0.27	0.03	0.08	0.06	1.51*	-5.37	-4.03
H10	-0.76	-1.02	-0.25	-1.05	-0.16	-1.59	-3.37	-2.96
H11	-0.19	-0.19	0.00	-0.71	0.07	-0.55	-2.89	1.82
H12	0.70*	0.82*	0.1	1.52*	-0.04	1.53*	5.76*	9.35
H13	0.52	0.64	0.12	0.27	0.07	0.46	-0.07	7.46
H14	-0.39	-0.45	-0.06	-0.51	-0.15	-0.01	-2.74	-3.74
H15	-0.14	-0.20	-0.06	-0.57	-0.01	-1.04	2.53	-4.71
H16	-0.60	-0.67	-0.08	-1.93	0.07	-4.27	-7.29	-19.44

RG= Rendimiento de grano, PMZ= Peso de la mazorca, PO= Peso del olote, LMZ= Longitud de la mazorca, DMZ= Diámetro de la mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMS= Peso de mil granos, PV= Peso volumétrico. *, **= Significativo al ($P \leq 0.01$) y ($P \leq 0.05 \square 0.01$), ns= no significativo.

4.5 Efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE)

Los valores correspondientes al efecto de aptitud combinatoria específica de las cruzas se muestran en el Cuadro 4.5, donde se observa que para RG son altamente significativos las cruzas 5X6, 2X13, 6X12, 3X14 y 1X11 con valores de 2.56, 2.55, 2.35, 2.09 y 2.03 respectivamente, expresados en t ha⁻¹. Para PMZ fueron altamente significativos las cruzas 5X6, 2X13, 6X12, 3X14 y 1X11, en el orden especificado. La variable PO resulto ser altamente significativa en las cruzas 2X13, 5X6, 3X14, 6X12 y 1X11. Sólo se hace mención de las variables PMZ, PO, DMZ y PMS siendo éstas las que más contribuyeron a aumentar el rendimiento de grano siendo superior estadísticamente en las mismas cruzas. Este resultado sugiere que la manifestación de alto rendimiento en la craza es debida a la acción génica de sus efectos aditivos de las líneas como lo declaran Poehlman y Allen (2005) y Reyes *et al.* (2004). El resto de las variables no mostraron diferencia significativa entre las cruzas en los valores tanto positivos como negativos.

Cuadro 4.5. Aptitud combinatoria específica (ACE) de las 15 mejores cruzas de maíz para rendimiento de grano y sus componentes. Aguascalientes, Ags. 2007.

CRUZA	RG	PMZ	PO	LMZ	DMZ	NGH	PMS	PV
6 X 12	2.35*	2.71*	0.38*	-0.94	0.30*	3.27*	-0.11	-0.27
4 X 9	1.34	1.56	0.23	-0.51	0.24	1.64	3.55	1.69
4 X 12	0.81	0.92	0.12	3.15	0.04	0.12	-5.38	-11.69
1 X 11	2.03*	2.38*	0.35*	1.75	0.39*	3.63*	-29.50	-43.15
2 X 13	2.55**	3.10*	0.57*	1.74	0.51*	5.72*	-2.94	8.15
5 X 8	1.54	-2.23	0.24	0.21	0.10	1.36	8.94	17.17
5 X 6	2.56**	3.13*	0.56*	1.83	0.53*	4.40*	4.16	1.85
4 X 3	0.70	0.86	0.17	-1.13	-0.15	-0.92	-7.03	-5.03
1 X 7	0.89	0.89	-0.01	-0.42	0.02	2.64	-0.22	13.05
3 X 13	1.44	1.61	0.17	0.04	0.20	4.71*	0.89	1.47
4 X 14	0.95	1.26	0.30	1.03	0.35	1.81	4.32	9.20
1 X 13	0.40	0.50	0.11	2.27	0.14	-1.18	8.93	4.36
5 X 3	1.26	1.39	0.14	1.61	0.24	0.72	8.21	2.97
1 X 8	0.09	0.16	0.07	1.99	0.07	4.65*	-32.42	-37.67
3 X 14	2.09*	2.51*	0.42*	1.57	0.52*	4.53*	2.06	-22.03

RG= Rendimiento de grano, PMZ= Peso de la mazorca, PO= Peso del olote, LMZ= Longitud de la mazorca, DMZ= Diámetro de la mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMS= Peso de mil granos, PV= Peso volumétrico. *, **= Significativo al ($P \leq 0.01$) y ($P \leq 0.05 \square 0.01$), ns= no significativo.

4.6 Correlaciones del rendimiento y sus características

Los coeficientes de correlación del rendimiento y sus componentes presentados en el Cuadro 4.6, indican que RG correlaciona positivamente con las variables PMZ, LMZ, DMZ y NGH, dentro de éstos se encuentra el valor de correlación más alto, lo cual se observa entre RG y PMZ (0.979**), ambos son indicadores de rendimiento, con la única diferencia del peso de olote entre ellos. Aparte de RG, PMZ está correlacionado con LMZ (0.692**), DMZ (0.741**), NGH (0.664**) y PO (0.648**) ya que éstos son características que se consideran como componentes de rendimiento, en este caso para PMZ. Por otro lado, PO tiene muy baja correlación con PMS y PV lo cual indica que son características independientes, que se derivan genéticamente de muchos genes, también llamado de tipo multigénico, cuyo uso es para fines de selección y en menor magnitud como componente de rendimiento (Moreno et al., 2000).

Cuadro 4.6. Estimación de los coeficientes de correlación del rendimiento y componentes de rendimiento en maíz. Ciclo primavera-verano. Aguascalientes, Ags. 2007.

	PMZ	LMZ	DMZ	NGH	PO	PMS	RG	PV
PMZ	1.000	0.692**	0.741**	0.664**	0.648**	0.383*	0.979**	0.327
LMZ		1.000	0.665*	0.819**	0.444	0.478	0.679*	0.377
DMZ			1.000	0.642*	0.372	0.498	0.755*	0.382
NGH				1.000	0.341	0.379	0.674*	0.412
PO					1.000	0.194	0.480	0.162
PMS						1.000	0.390	0.740*
RG							1.000	0.333
PV								1.000

RG= Rendimiento de grano, PMZ= Peso de la mazorca, PO= Peso del olote, LMZ= Longitud de la mazorca, DMZ= Diámetro de la mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMS= Peso de mil granos, PV= Peso volumétrico. *, **= Significativo al ($P \leq 0.01$) y ($P \leq 0.05 \square 0.01$), ns= no significativo.

4.7 Estimación de las varianzas genéticas

Los valores de los principales parámetros genéticos fueron estimados para tratar de aportar conocimiento en cuanto a sus efectos génicos de cada componente (Cuadro 4.7), encontrando que para el rendimiento de grano (RG) y peso de mazorca (PMZ) las varianzas de dominancia (σ^2_D) son el doble y triple de las varianzas aditivas (σ^2_A) respectivamente; el grado de dominancia (d) para estas mismas características fueron de 2.16 y 2.60 en el mismo orden, lo que indica expresiones de sobredominancia y de efectos heteróticos de acuerdo a la clasificación de Falconer (1985) En el resto de los caracteres los efectos de varianzas aditivas son mayores que los de dominancia, repercutiendo en los valores nulos de grado de dominancia. El valor de heredabilidad (h^2) para RG fue de 19.24 y 17.26 para PMZ, así como para LMZ fue de 23.28 considerándolo como el valor superior, que son relativamente bajos según los parámetros de heredabilidad mencionado por Chávez (1993)

Cuadro 4.7. Valores estimados de los principales parámetros genéticos, basados en los cuadrados medios del análisis de varianza, usando el diseño Carolina del Norte II, de las características evaluadas de maíz. Aguascalientes, Ags. 2007.

	RG	PMZ	PO	LMZ	DMZ	NGH	PMS	PV
σ^2_p	1.73	2.51	0.08	6.25	0.12	26.75	213.45	571.88
σ^2_G	1.11	1.90	0.00	1.29	0.01	1.94	-30.76	-7.81
σ^2_A	0.33	0.43	0.01	1.45	0.02	2.63	-1.14	10.23
σ^2_D	0.78	1.47	-0.01	-0.16	0.00	-0.69	-29.63	-18.04
H^2	64.26	75.65	3.49	20.71	9.88	7.25	-14.41	-1.37
h^2	19.24	17.26	11.30	23.28	12.64	9.82	-0.53	1.79
d	2.16	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	7.21	0.00

RG= Rendimiento de grano, PMZ= Peso de la mazorca, PO= Peso del olote, LMZ= Longitud de la mazorca, DMZ= Diámetro de la mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMS= Peso de mil granos, PV= Peso volumétrico. σ^2_A = Varianza aditiva, σ^2_D = Varianza de dominancia σ^2_G = Varianza genética, σ^2_p = Varianza fenotípica, h^2 = Heredabilidad en sentido estricto, H^2 = Heredabilidad en sentido amplio y, d= Grado de dominancia. *, **= Significativo al ($P \leq 0.01$) y ($P \leq 0.05 \square 0.01$), ns= no significativo.

4.8 Correlación de los componentes genéticos

Las correlaciones simples entre los parámetros genéticos que se presentan en el Cuadro 4.8, indican que (σ^2_p) tiene una correlación altamente significativa y negativa con la varianza genética (σ^2_G), significativa y positiva con la varianza

aditiva (σ^2_A), significativa y negativa con la varianza de dominancia (σ^2_D), y significativa negativa con heredabilidad en sentido estricto (h^2), ésto puede ser explicado por la dependencia que tiene el fenotipo de la varianza genética y sus efectos génicos, el cual puede transferirse a una sobredominancia tal y como lo menciona Tosquy *et al.* (1998); asimismo, la varianza genética tiene una correlación en forma negativa altamente significativa con varianza aditiva. La varianza de dominancia correlaciona significativamente con heredabilidad en sentido amplio (H^2), de manera negativa con grado de dominancia (d) y altamente significativa con heredabilidad en sentido estricto (h^2).

Cuadro 4.8. Correlación de los componentes genéticos. Aguascalientes, Ags. 2007.

	σ^2_p	σ^2_G	σ^2_A	σ^2_D	H^2	h^2	d
σ^2_p	1.000	-0.864**	0.829**	-0.722*	-0.443	-0.713*	0.087
σ^2_G		1.000	-0.903**	0.330	0.313	0.444	0.355
σ^2_A			1.000	-0.243	-0.226	-0.350	-0.424
σ^2_D				1.000	0.599*	0.841**	-0.671*
H^2					1.000	0.704*	-0.027
h^2						1.000	-0.403
D							1.000

σ^2_A = Varianza aditiva, σ^2_D = Varianza de dominancia, σ^2_G = Varianza genética, σ^2_p = Varianza fenotípica, h^2 = Heredabilidad en sentido estricto, H^2 = Heredabilidad en sentido amplio y, d= Grado de dominancia. *, **= Significativo al ($P \leq 0.01$) y ($P \leq 0.05 \square 0.01$), ns= no significativo.

V. CONCLUSIONES

El comportamiento de las líneas usadas como probadores machos presentó alta significancia en casi todas las características evaluadas, consideradas como los principales componentes de rendimiento, excepto PMS y PV. Las líneas usadas como hembras presentaron alta significancia solo para RG y PMZ que son los principales componentes del rendimiento, sin embargo no fue así para PO, LMZ, DMZ, NGH, PMS y PV, cuyos resultados fueron iguales también para las cruzas F1 resultantes. Los probadores M4, M1 y M5 tuvieron los promedios más sobresalientes al cruzarse con las hembras, efecto que influyó en la ACG, no sucedió lo mismo con la ACE, ya que entre las mejores con altos valores positivos, solamente aparece el probador M5. Al estimar los parámetros genéticos, la varianza de dominancia supero doblemente a la varianza aditiva en PG y PMZ, lo que se observa en el grado de dominancia (d), sin embargo, el resto de las variables resultaron no significativas, valores que se reflejaron en porcentajes más altos de heredabilidad. Existen algunos comportamientos en las acciones genéticas que no coinciden con lo general ya que las cruzas dan lugar a una población variable y sin presencia de heterosis. Los resultados obtenidos para ACG y ACE, los parámetros genéticos y correlaciones entre el rendimiento y sus componentes, pueden contribuir notablemente al mejoramiento genético del maíz.

VI. RESUMEN

La falta de híbridos de maíz para el centro de Aguascalientes, representa un problema actual, pues no existe un programa de mejoramiento permanente en esta región, donde predominan híbridos introducidos de compañías multinacionales desarrollados para otras regiones del país. El conocimiento de los diversos tipos de acción génica y la importancia de éstos en la determinación de caracteres de interés, es básico para lograr avances rápidos en un programa de mejoramiento genético. La investigación de maíz para grano se ha enfocado a incrementar la producción mediante la selección del mejor híbrido. Los objetivos del trabajo son: evaluar híbridos simples de maíz para producción de grano a partir de líneas endogámicas, identificar los mejores híbridos simples con base al comportamiento de las cruzas de las líneas y seleccionar los híbridos altamente productivos que se adapten a esta zona. El experimento se realizó el ciclo primavera-verano del año 2007, en el ejido El Niágara, Municipio de Aguascalientes, Ags. El material genético provino de tres programas. 13 líneas endogámicas provenientes del CIMMyT, 2 líneas del INIFAP y 9 líneas provenientes del programa de mejoramiento de la UAAAN-UL. Los resultados muestran el comportamiento de las líneas usadas como probadores machos, resultaron altamente significativos en casi todas las características evaluadas, consideradas como los principales componentes de rendimiento, excepto en Peso de Mil Semillas y Peso volumétrico. Las usadas como hembras, presentaron significancia para Rendimiento de Grano y Peso de la Mazorca. Sin embargo, no fue así para Peso del Olote, Longitud de la Mazorca, Diámetro de la Mazorca, Número de Granos por Hilera, PMS y PV, cuyos resultados fueron iguales para las cruzas F1 resultante. Los probadores M4, M1 y M5 tuvieron los promedios sobresalientes al cruzarse con las hembras, y de éstos M5 es mejor en ACE.

Palabras clave: Híbridos simples y endogámicos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Allard R W, (1980) Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Editorial EOSA. España. 498 p.
- Antuna G. O., Rincón S. F., Gutiérrez Del R. E., Ruíz T. N. A. y Bustamante G. L. 2003. Componentes genéticos de caracteres agronómicas y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. Rev. Fitotec. Vol. 26. México. Pp 11-17.
- Borrás L. and Otegui M. E. 2001. Maize kernel weight response to post flowering sourcesink ratio. Crop Sci. Pp. 1816- 1822.
- Calone, M. R. and W. A. Russell. 1987. Response to plant densities and nitrogen levels four maize cultivars from different eras of breeding. Crop. Sci. 27: 465-470.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1987. World maize facts and trends: the economics of commercial maize seed production in developing countries. México, DF.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).1994. World Maize Facts and Trends. Maize seed industries, revisited: Emerging Roles of the Public and Private Sectors. México, D.F.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1999. Programa de Maíz. Desarrollo, mantenimiento y multiplicación de semilla de variedades de polinización libre. Segunda edición. México, D.F.
- Chávez A. J. L. 1993. Mejoramiento de plantas 1. Trillas: UAAAN. 2ª Edición. México. 136 p.

- Chávez A. J. L. 1994. Mejoramiento de plantas 2. Métodos específicos de plantas alogamas. Editorial trillas, S.A. de C.V. 50 p.
- Chávez A., J. L. y López E. 1995. Mejoramiento de plantas 1. UAAAN. México. 158 p.
- Comstock R. E., Robinson H. F. (1948). The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics*. 254-266.
- De la Rosa A., De León H., Martínez G. y Rincón F. 2000. Heterosis, habilidad combinatoria y diversidad genética en híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 11. Pp. 113-122.
- Espinoza A., López M.A., Gómez N., Betanzos E., Sierra M., Coutiño B., Aveldaño R., Preciado E., Terrón A. D. 2003. Indicadores económicos para la producción y uso de semilla mejorada de maíz de calidad proteínica (QPM) en México. Análisis y comentarios. *Agronomía Mesoamericana*. México. P 12.
- Evans G. C., M. J. Ottman and L. F. Welch. 1989. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration and yield in corn. *Agron. J.* 81: 167-174.
- Falconer D. S. 1985. Introducción a la genética cuantitativa. CECSA. México. 135 p.
- Gutiérrez del RE, Palomo GA, Espinoza BA y De La Cruz LE (2002) Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en La Comarca Lagunera, México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 25 (3) 271-277.
- Griffing B. 1956. A generalized treatment of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*. Pp. 31-50.

- Hallauer A. R. 1990. Methods used in developing maize inbreds. *Maydica*. 1-16 p.
- Hallauer A. R. y Miranda J. B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. 2° Ed. Iowa State University Press. Ames. USA. 468 p.
- Harold K. W. y A. C. Rocker. 1984. Producción de cosechas. Ed. Continental. México.
- Instituto Humanista de Cooperación HIVOS. 2004. Maíz, de alimento sagrado a negocio del hombre. Acción Ecológica. Red por una América latina libre de transgénicos. Quito- Ecuador.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2006. Tecnología de producción de maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Vol. 13. Campo experimental La Laguna. 61 p.
- López L. M. 2003. El cultivo de maíz en México y la contribución del fitomejorador para favorecer la autosuficiencia. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Año VII, vol. 12. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. México. pp. 596-605.
- Márquez S. F. 1988. Genotecnia vegetal. Métodos y teoría. Tomo II. AGT EDITOR, S. A. P. 79-84.
- Morata, M. M., D. A. Presello, M. P. González & E. Frutos. 2006. Aptitud combinatoria para rendimiento entre líneas de maíz derivadas de nuevas fuentes de resistencia al Mal de Río Cuarto. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 106 (1):69-83.
- Moreno G. J., Martínez I., Brichatte I., López A. y Castro P. 2000. Breeding potential of European Flint and U. S. Corn Belt dent maize populations for forage use. *Crop Sci*. Pp. 1588-1595.

- Núñez, H. G., Contreras G. F. E., Faz C. R. y Herrera S. R. 1999. Selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. INIFAP-CIAN-CAELALA, 52 p.
- Peña R. A., H. G. Núñez y C. González. 2003. Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. *Téc. Pecu. México*. 40: 215-228.
- Poehlman J. M. y Allen S. D. 2005. *Mejoramiento Genético de las Cosechas*. Segunda Edición. Editorial Limusa. México. Pp. 512
- Ramírez L. 2006. *Mejora de plantas alógamas*. Universidad Pública de Navarra. España. 34 p.
- Rodríguez M. R. y De León C. 2008. *El cultivo del maíz*. Temas selectos. Colegio de Postgraduados. Mundi-Prensa. México. Pp. 127.
- Sprague G. F. And L. A. Tatum. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron. J.* 44:258-262.
- Tinoco A.C. A., F. A. Rodríguez M., J. A. Sandoval R., S Barrón F., A. Palafox C., V. A. Esqueda E., M. Sierra M., J. Romero M. 2002. *Manual de producción de maíz para los estados de Veracruz y Tabasco*. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico num.9. Veracruz, México. 113 p.
- Tosquy V. O. S., Castañón N. G., Sierra M. M. y Rodríguez M. F. A. 1998. Aptitud combinatoria general y específica de líneas de maíz usando como probadores cruza simple en el estado de Veracruz. *Agrc. Tec. México*. Pp 3-10.
- Wong R. R. 2006. *Obtención de cruza simple de maíz para grano y forraje en la comarca lagunera, México*. UAAAN. 145 p.

ANEXOS

Codificación del modelo estadístico en SAS

```
DATA IDAHI;
INPUT MACH HEM REP PMZ LMZ DMZ NGH PO PMS RG PV;
CARDS;
.
.
.
DATOS
.
.
.
PROC ANOVA;
CLASS MACH HEM REP;
MODEL PMZ LMZ DMZ NGH PO PMS RG PV= REP MACH HEM MACH*HEM;
MEANS MACH HEM MACH*HEM/LSD;
PROC CORR;
Var PMZ LMZ DMZ NGH PO PMS RG PV;
RUN;
```