

**NIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**CARACTERIZACIÓN GENOTÍPICA DE LOS
PRINCIPALES COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE
MAÍZ PARA GRANO**

POR

JULIO CESAR TORRES VELÁZQUEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAH. MÉXICO NOVIEMBRE 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JULIO CESAR TORRES VELÁZQUEZ ELABORADA BAJO
LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y
APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por:

Asesor Principal.


DR. EMILIANO GUTIÉRREZ DEL RÍO

Asesor.


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

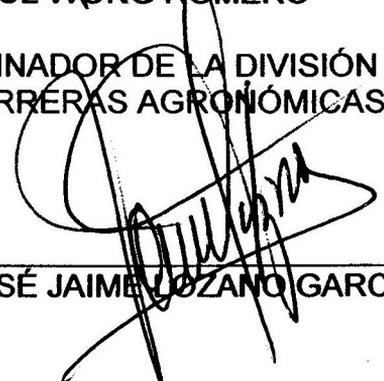
Asesor.

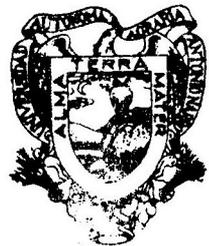

MC. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA

Asesor.


MC. RAÚL WONG ROMERO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS


MC. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JULIO CESAR TORRES VELAZQUEZ ELABORADA BAJO
LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y
APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

**COMITÉ PARTICULAR
PRESIDENTE.**



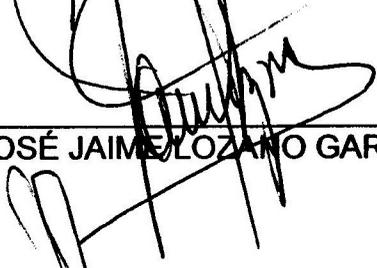
DR. EMILIANO GUTIÉRREZ DEL RÍO

VOCAL.



DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

VOCAL.



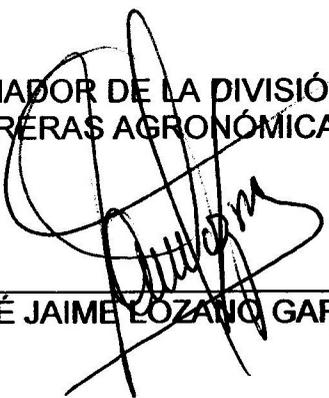
MC. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA

VOCAL SUPLENTE.

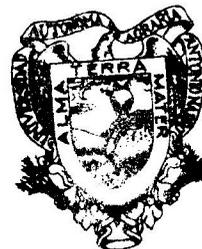


MC. RAÚL WONG ROMERO

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS**



MC. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro señor por prestarme la vida y permitirme terminar mi carrera que va a ser importante para mi vida ya que con ella ayudare a las personas que me apoyaron a realizar mis estudios.

A mi **"ALMA MATER"** por darme la oportunidad de prepararme en mis estudios profesionales.

A MIS ASESORES:

Dr. Emiliano Gutiérrez Del Río.

MC. Armando Espinoza Banda.

MC. José Jaime Lozano García.

MC. Raúl Wong Romero.

De tal manera le agradezco a cada uno de los maestros que me estuvieron apoyando en la asesoría de mi tesis, así como la paciencia tenida por la revisión para llegar a la conclusión de la investigación.

A MIS PADRES:

Alicia Velázquez Calleros.

José Irineo Villa Alcalá.

Principalmente a mí querida mamá por darme la existencia, amor y comprensión en los momentos más difíciles de mi vida, a quien admiro, aprecio y amare por siempre.

A MIS HERMANOS:

Ernesto Torres Velázquez.

Otilia Torres Velázquez.

Maria Félix Villa Velázquez.

Mi agradecimiento para mis queridos hermanos por apoyarme siempre cuando más los necesite en el transcurso de mi carrera así también por tenerlos como hermanos.

A TODOS MIS TIOS Y DEMAS FAMILIARES:

A ellos les agradezco por ser un factor muy importante en el transcurso de mi carrera de Ingeniero Agrónomo quienes me motivaron a salir adelante así mismo por formar parte de mi familia.

A MI NOVIA Y A SUS PADRES:

Norma Alvarado.

Quien con su amor y cariño estuvo a mi lado escuchándome y comprendiéndome en los momentos difíciles que pasamos en la formación de mi carrera.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DEL GRUPO:

A todos y cada uno de ellos les doy gracias por ser compañeros de una etapa universitaria, por su amistad y confianza que siempre tuvimos.

Le agradezco así también al compañero Rey Idael Partida Morales que estuvo ayudándome en la formación de la tesis como compañero de trabajo.

DEDICATORIA (†)

A mi abuelito materno:

Ignacio Velázquez Hernández.

A quien agradezco con todo mi corazón haberme formado en un hombre de provecho, por el formaré una familia. Y la educación que él me dio la daré a mis hijos, así como también los grandes valores con que cuento para poder transmitir como profesionista a todos los campesinos e indígenas del estado de Durango, mi gente, con esa magia y ese corazón por la tierra que se refleja en cultivar en los rostros de cada uno de ellos.

INDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	2
Origen y distribución del maíz	2
Descripción botánica	3
Raíz	3
Hoja	3
Tallos	3
Inflorescencia	3
Ciclo vegetativo	4
Diversidad genética	4
Nutrición	4
Mejoramiento genético	4
Híbridos	5
Aptitud combinatoria	6
Aptitud combinatoria general	7
Aptitud combinatoria especifica	7
Heredabilidad	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	9
Localización geográfica	9
Fecha de siembra	11
Fertilización	11
Riego	11
Control de plagas	11

Control de malezas -----	11
Análisis genético-----	12
IV. RESULTADOS Y DISCUSION -----	13
V. CONCLUSIONES-----	25
VI. RESUMEN -----	26
VII. BIBLIOGRAFIA-----	27

INDICE DE CUADROS	PAG.
Cuadro 3.1 Material genético (progenitores machos y hembras)	10
Cuadro 3.2 Cuadro de Análisis de Varianza. Diseño II de Carolina Del Norte.	13
Cuadro 4.1 Cuadrados medidos al análisis de varianza. Diseño II De Carolina del Norte.	14
Cuadro 4.2 Compartimiento promedio de las líneas usadas como machos.	15
Cuadro 4.3 Compartimiento promedio de las líneas usadas como hembras.	16
Cuadro 4.4 Las quince mejores cruzas para RMZ, RG, DMZ y DOL.	17
Cuadro 4.5 Las quince mejores cruzas para LMZ, NMHZ, NGH y PMG.	18
Cuadro 4.6 Aptitud Combinatoria General (ACG) de machos.	19
Cuadro 4.7 Aptitud Combinatoria general (ACG) de hembras.	20
Cuadro 4.8 Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) de las 15 Mejores cruzas de maíz, Para rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG), y sus componentes.	21
Cuadro 4.9 Coeficientes de correlación de rendimiento y componentes en maíz.	22
Cuadro 4.10 Varianzas fenotípicas (σ^2_f), aditivas (σ^2_A), de Dominancia (σ^2_D), grado de Dominancia (d), heredabilidad (h^2), y valor medio, de las características de maíz.	23
Cuadro 4.11. Coeficientes de correlación de los Parámetros genéticos.	24

I. INTRODUCCION

El maíz ocupó el tercer lugar mundial alimentario al fin del siglo pasado, alcanzando una producción anual en los últimos años que sobre pasa los 500 millones de toneladas. EEUU encabeza la lista de países productores, con el 38% de la producción, seguido de china (21%), Brasil (7%), y México (3%), llegando al año 2000 con una producción de 591 millones de toneladas (fuente USDA 1999). A nivel nacional en el año 2003 se sembraron 8'473,388 ha con rendimientos promedio de 2.44 t ha⁻¹ y una producción total de 20'303,000 toneladas (Paniagua, 2004). En La Comarca Lagunera en 1988, se establecieron 26,131 ha alcanzando rendimientos de 2.05 t ha⁻¹. El rendimiento nacional por unidad de superficie actualmente es de 2.7 t ha⁻¹ mientras que en algunas regiones de la republica como en el Sureste es de 5.0 t ha⁻¹, en Jalisco y Valles Altos es de 6.0 t ha⁻¹, en Guanajuato e Hidalgo es de 8.0 t ha⁻¹, en Sinaloa es de 8.9 t ha⁻¹, y en La Comarca Lagunera es de 3.3 t ha⁻¹, mientras que el rendimiento potencial a nivel experimental en el Bajío es de 18 t ha⁻¹ y en la Comarca Lagunera es de 13 t ha⁻¹ (Reta , et al . 1998) .

El rendimiento del grano de maíz en EEUU se a incrementado de un 40 – 50 % por el cambio a mejores practicas de manejo como el incremento de fertilizarte nitrogenado y altas densidades de población y de un 50 – 60 % por el mejoramiento genético (Duvick, 1992), este ultimo 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 estos en la determinación de ciertos caracteres de interés, es básico para lograr avances rápidos en un programa de mejoramiento genético; se han ideado sistemas de apareamiento o diseños genéticos (Comstock y Robinsón 1948 y Griffing 1956). Para conocer y evaluar la acción génica de caracteres cuantitativos, que permiten determinar las combinaciones superiores seleccionar los mejores progenitores y diseñar los métodos de mejoramiento mas eficientes.

La formación y producción de híbridos se basan en explotar el fenómeno denominado "Heterosis", Shull en 1914 usó este termino, pero no incluyó una descripción de los mecanismos genéticos involucrado en la expresión (Hallauer y Miranda 1988). El objetivo de presente trabajo fue formar materiales de maíz de base genética híbrida adaptado a las condiciones climáticas del Norte de México y producir a corto plazo los mejores híbridos simples para grano.

Objetivos.

- Evaluar y seleccionar híbridos simples, con buen rendimiento de grano a partir de líneas endogámicas sobresalientes.
- Identificar los mejores híbridos simples con base al comportamiento de las cruzas de las líneas.
- Estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores y aptitud combinatoria específica (ACE) para cruzas.

Hipótesis.

Ho₁: Las cruzas de maíz presentan igual comportamiento para rendimiento y características evaluadas. $Ho_1 \ t_1 = t_2 = t_3 = \dots t_n$.

Ho₂: Las cruzas de maíz y sus progenitores presentan efectos iguales de ACG y ACE.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL MAÍZ

El maíz constituye una aportación de las culturas precolombinas al mundo. En la actualidad se acepta que es originario de América, concretamente de la zona situada entre el sureste de México y Guatemala. A partir de estas áreas el cultivo del maíz fue extendiéndose primero a América del Norte y tras la llegada de Colón al Continente Americano al resto del mundo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Raíz

El maíz es una gramínea anual, que forma un sistema radicular denso, a modo de cabellera, que se extiende a una profundidad variable, aunque su mayor parte esta en los quince primeros centímetros. A partir de los cuatro o cinco nudos por encima de la superficie, emite otro tipo de raíces adventicias más gruesas, que sirven para mejorar el anclaje de la planta.

Hojas

Las hojas se disponen alternadamente en dos filas a lo largo del tallo. En cada una pueden distinguirse dos partes: la vaina y la lamina o limbo, la vaina es la parte inferior de la hoja; va insertada en el nudo y envuelve al entrenudo como en un cilindro, la lamina corresponde a lo que normalmente se entiende por hoja, puede llegar a los 1.5 m de largo por 0.1 m de ancho y tiene la nervación paralela, en el punto de unión de la vaina con la lámina se encuentra una formación específica a modo de lengüeta, denominada lígula.

Tallos

Los tallos o cañas los forman una sucesión de nudos y entre nudos, los primeros son zonas abultadas a partir de los cuales se produce la elongación de los entrenudos y se diferencian las hojas. Cada nudo es el punto de inserción de una hoja.

Inflorescencia

El maíz produce flores unisexuales masculinas y femeninas, agrupadas en inflorescencias, en distintas partes de la planta. La espiga o inflorescencia masculina se encuentra en la parte superior de la planta y lo forma un eje central y varias ramas naturales. Sobre ella se implantan, de dos en dos, muchas inflorescencias elementales, denominadas espiguillas. Cada una de estas posee, a su vez, dos flores que son las encargadas de producir el polen.

La mazorca o inflorescencia femenina, que surge hacia la mitad del tallo esta protegida por un conjunto de hojas especiales (brácteas), que la recubren por completo. Consta de un eje central engrosado sobre el que se insertan las espiguillas o flores femeninas en hileras longitudinales dobles. Cada espiguilla

contiene dos flores y, el número de hileras de granos por mazorcas es siempre par. En cada flor hay un ovario, que se prolonga en un largo estilo de hasta 50 cm, en cuyo extremo se encuentra el estigma, receptor del grano polen. Los estigmas de todas las flores de la mazorcas se agrupan para salir al exterior por el extremo superior a través de las brácteas, formando un mechón. Los estigmas permanecen receptivos por 14 días, mientras que el grano de polen sólo es viable menos de 24 horas. El maíz es una planta alógama, es decir, que la mayor parte de sus flores femeninas (mas de 95%) son polinizadas por otras plantas.

Ciclo vegetativo

El ciclo de cultivo del maíz empieza con la nacencia, seguida de la etapa del desarrollo vegetativo, reproductivo, llenado de grano y madurez, esta última es cuando alcanza su máxima producción de materia seca.

Diversidad genética

La especie *Zea mayz* L. Presenta gran variabilidad genética y esto a hecho surgir una gran cantidad de razas y variedades que se diferencian por su adaptación a las condiciones climáticas mas diversas.

Nutrición

Las extracciones medias del cultivo de los principales macro elementos N-P-K por la tonelada métrica son: 25 Kg. de N, 11 Kg. de P_2O_5 y 23 Kg. de K_2O . Por cada 1000 Kg. de producción esperada.

Mejoramiento genético

Eastmont y Robert (1992), mencionan que el fitomejoramiento es y seguirá siendo la herramienta más importante para mantener una elevada productividad. Se considera muy importante utilizar el método de selección recurrente para mejorar una población original y obtener líneas sobresalientes, híbridos y variedades sintéticas de manera continua (Hallauer y Eberthart 1976).

El objetivo de la hibridación es la producción de materiales que presenten nuevas combinaciones genéticas que obtengan mayor vigor y producción. La hibridación es un método de mejoramiento genético donde los resultados

reflejan un incremento marcado en la producción sobre los niveles de rendimiento en las variedades de polinización libre (De la Loma, 1954).

Allard (1980), menciona que un híbrido obtiene un aumento de tamaño o vigor con respecto a sus progenitores. También menciona el término heterosis 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. La hibridación es un método de mejoramiento genético con mayor eficiencia en la producción de maíz y que los resultados reflejan un incremento marcado en productividad sobre los niveles de rendimiento de las variedades de polinización libre, debido a que se explota directamente el fenómeno de vigor híbrido o heterosis.

Híbridos.

El maíz híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas puras autofecundadas. La producción del maíz híbrido involucra la obtención de líneas autofecundadas para la producción de semillas a nivel comercial. Todas las líneas puras de maíz son inferiores a las variedades de polinización libre tanto en vigor como en rendimiento. Hasta que no se desarrollen líneas decididamente más productivas, el uso final de las líneas puras lleva como objetivo la producción de híbridos. Lo cual indica las razones para el cruzamiento de las plantas. Los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Geiger et al. 1992; Peña et al. 2003).

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 (Crees, 1956).

Chávez y López (1995), presentan la siguiente clasificación de híbridos:

Simple. 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.

Triple. Se forma con tres líneas autofecundadas, es decir son el resultado de un cruzamiento entre una craza simple y una línea autofecundada. La craza simple como hembra y la línea como un macho. Con frecuencia se puede obtener mayores rendimientos con una craza triple que con una doble, aunque las plantas de una craza triple no son tan uniformes como las de una craza simple.

Doble. El híbrido doble se forma a partir de cuatro líneas autofecundadas, es decir es la progenie híbrida obtenida de una craza entre dos cruza simples, los híbridos dobles no son tan uniformes como las cruza simples, presentan mayor variabilidad; es importante señalar que una craza simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más que una doble.

Aptitud combinatoria

Según Márquez (1988), el término aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros medido por medio de su progenie. Sin embargo, la aptitud combinatoria debe determinarse no sólo en un individuo de la población sino en varios a fin de poder seleccionar aquéllos que exhiban la más alta aptitud combinatoria.

Los términos de aptitud combinatoria general y específica fueron originalmente definidos por Sprague y Tatum (1942), cuando utilizaron el sistema de cruzamientos dialélicos como un procedimiento de pruebas de líneas endocriadas. Ellos definen el término de aptitud combinatoria general como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas, y el término aptitud combinatoria específica para designar aquellos casos en que ciertas combinaciones se comportan relativamente mejor o peor de lo que debería esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas consideradas. En su trabajo comparan la relativa importancia entre aptitud combinatoria general y específica e interpretan el comportamiento de las cruza simples en términos de acción génica.

Aptitud combinatoria general.

Sprague y Tatum (1942), acuñaron el término de aptitud combinatoria general (ACG) y lo emplearon para designar el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas a través de sus cruzamientos con un conjunto de líneas diferentes a su vez. La aptitud combinatoria general proporciona información sobre que líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. Pueden usarse probadores adecuados para determinar que líneas pueden sustituirse en los híbridos actuales o usarse en nuevos híbridos prometedores. (Jungenheimer, 1985).

Chávez (1994), menciona que 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.

Aptitud combinatoria específica.

La aptitud combinatoria específica (ACE) es el desempeño individual de una línea pura en una combinación híbrida específica. Sprague y Tatum (1942), indica el término aptitud combinatoria específica (ACE) 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 cruzada específica.

Se puede obtener información sobre la aptitud combinatoria específica (ACE) de las líneas, esto se realiza mediante el ensayo comparativo de las cruzas simples entre ellas. Se cruzan 10 o más de las líneas originales entre ellas para formar cruzas simples en todas las combinaciones posibles (también se llama a este cruzamiento dialelo). Se compara el comportamiento de las progenies de las cruzas simples, para determinar la aptitud combinatoria específica (ACE) de las líneas.

Heredabilidad

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. La heredabilidad en el sentido más amplio (genotípica, porque incluye los diferentes tipos de acción génica) se define como la relación entre la varianza genotípica y la varianza observada en una población de plantas o varianza fenotípica.

$$\text{Heredabilidad} = \frac{\text{Varianza - genotípica}}{\text{Varianza - fenotípica}}$$

Falconer (1985), define heredabilidad como el cociente de la varianza aditiva sobre la varianza fenotípica y la función más importante de la heredabilidad es su papel predictivo, que expresa la confiabilidad del valor fenotípico como indicador del valor reproductivo que determina su influencia en la siguiente generación. El éxito en cambiar las características de la población puede predecirse sólo a partir del conocimiento del grado de correspondencia entre los valores genotípicos y los reproductivos que es medido a través de la heredabilidad.

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 que medida influye cada factor, se recurre al cálculo del parámetro de heredabilidad.

Silva (1999), menciona que la heredabilidad se utiliza para estimar los parámetros genéticos y las correlaciones fenotípicas además para identificar genotipos con altos rendimientos. Los estudios de heredabilidad son de utilidad para evaluar como una parte de la variación observada en un carácter, corresponde a factores genéticos y que parte a factores ambientales.

La heredabilidad de las plantas individuales de una población heterogénea, varía en rendimiento, en altura, en resistencia a las bajas

temperaturas o en otras características de naturaleza cuantitativa. Si se relacionan al azar dos plantas de una población de esta naturaleza y se determina su rendimiento, la diferencia en la producción de las dos plantas, se deberá en gran parte a efecto del medio ambiente (Allard, 1980). El grado en el que pueda transmitirse la variabilidad de un carácter cuantitativo a la progenie es lo que se considera como heredabilidad o capacidad de transmisión hereditaria.

Brauer (1983), indica que la heredabilidad es el coeficiente entre la variación hereditaria y la varianza total. También como la estimación de la influencia que tienen los genes aditivos en la determinación de los caracteres cuantitativos.

Chávez (1995), expresa que 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.

III. MATERIALES Y METODOS

Localización geográfica

El trabajo se realizó en el campo experimental de la UAAAN – UL, en la Comarca Lagunera, localizada geográficamente en los paralelos 24° 30' y 27° LN y 102° y 104° 40' LO, con una altura de 1150 msnm y un clima seco y caluroso, en dos etapas: en la primavera del 2004, se realizaron las cruces de las veinte líneas y en el verano, se llevó a cabo la evaluación de sus cruces, bajo riego con cintilla, procurando tener un buen nivel de humedad durante el ciclo. El material genético utilizado en el estudio, proviene de dos programas, por un lado líneas de alta endogamia de la UAAAN – UL, y por el otro, materiales de CIMMYT (CIMMYT, 1999), mostrándose el origen y descripción en el cuadro 3.1

Cuadro 3.1 Material genético (progenitores machos y hembras)

• M ₁	L-AN 123 R	Línea de alta endogamia formada de var. criolla del municipio de Concepción, Jal. Con precocidad y tolerancia a sequía.
• M ₂	L-AN 447	Línea de 8 autofecundaciones, derivada de generaciones avanzadas del híbrido AN-447 con características de amplia adaptabilidad
• M ₃	L-AN 360PV	Línea obtenida de la población enana denominada pancho villa, vigorosa y con hojas anchas
• M ₄	L-AN 130	Proviene de la f ₄ del H-507, cruzada con la población de el Bajío denominada Celaya-2
• M ₅	L-AN 123	Línea obtenida de forma divergente y contrastada de variedad criolla de Jalisco, de hojas pálidas y onduladas
• M ₆	L-AN 388R	Línea enana, con hojas anchas y suculentas generada a partir de la F3 del híbrido AN-388
• M ₇	L-NA B-32	Origen de INIFAP-SAGARPA
• M ₈	L-NA B-39	Origen de INIFAP-SAGARPA
• M ₉	L-NA B-40	Origen de INIFAP-SAGARPA
• M ₁₀	CML-319	RecyW89 (Cr. Arg/CIM. ShPINPH) 6-3-2-4-B-B
• H ₁₁	CML-264 Pob21	POB21C5F219-3-1-B-##-8-1-3-BBB-f
• H ₁₂	CML-316	Pob500P500Cof114-1-1-B*3
• H ₁₃	CML-254 Pob21	TUXEQ-149-2-BBB-##-1-BBB-f
• H ₁₄	CML-313	Pob501Cof6-3-3-2-1-B-B
• H ₁₅	CML-273 Pob43	(AC7643*43F7)-2-3-2-1-BB-f
• H ₁₆	CML-247 Pob24	(G24F119*G24F54)-6-4-1-1-BB-f
• H ₁₇	CML-271 Pob29	POB29STEC1HC25-6-4-1-#-BBB-f
• H ₁₈	CML-311	Pob500S89500 F2-2-2-2-B*5
• H ₁₉	CML-278 Pob43	DMANTES8043-53-1-1-B-##-1-BB-f
• H ₂₀	CML-315	Pob500P500Cof246-4-1-2-2-B*3

Las 100 cruzas directas resultantes de las 20 líneas, donde las líneas identificadas de 1 al 10 se usaron como machos y las líneas del 11 al 20 se usaron como hembras (cuadro 3.1), se evaluaron bajo un diseño experimental de bloques al azar, con dos repeticiones. La parcela experimental fue de un surco de tres m de largo y 0.70 m de ancho, con seis plantas por metro, para tener una población aproximada de 85,000 pl ha⁻¹. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de mazorca (**RMZ**), rendimiento de grano (**RG**), diámetro de mazorca (**DMZ**), diámetro de olote (**DOL**), longitud de mazorca (**LMZ**), número de hileras por mazorca (**NHMZ**), número de granos por hilera (**NGH**), y peso de mil granos (**PMG**).

Fecha de siembra

La fecha de siembra se realizó el 21 de agosto del 2004 en el Campo Experimental de la UAAAN-UL, la siembra se llevó a cabo por el método manual, y una vez emergida la plántula se llevó a cabo un aclareo dejando seis plantas por metro lineal.

Fertilización.

Se realizó una sola aplicación de fertilizante el 11 de Septiembre en forma manual, con una dosis de 200-100-00, a base de Urea (46-00-00) y superfosfato triple de calcio (00-46-00).

Riego.

El riego se aplicó una vez por semana, y se llevó a cabo con cintilla realizándose un monitoreo constante para que nunca le faltara el agua a la planta durante todo el ciclo.

Control de plagas.

La aplicación de insecticida para el control de plagas se realizó en el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), chicharrita (*Peregrinus maidis*), y pulga negra (*Chaetocnema pulicaria*) con aplicaciones de Lorsban con dosis de 1 L ha⁻¹.

Control de maleza.

Se llevó a cabo mediante el control manual y dos escardas.

Análisis genético

Se realizó el análisis genético con el diseño II de apareamiento de Carolina del Norte (Comstock y Robinsón 1948), cuyo modelo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + H_j + \phi_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$
 donde: $i = 1, 2, \dots, m$ (machos); $j = 1, 2, \dots, h$ (hembras); $k = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones); Y_{ijk} = observaciones de la cruce entre el i -ésimo macho y la j -ésima hembra en la k -ésima repetición; μ = media general; M_i y H_j = efecto del i -ésimo macho y j -ésima hembra; ϕ_{ij} = efecto de la interacción del i -ésimo macho con la j -ésima hembra; ε_{ijk} = error experimental.

La estimación de los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) para los machos y hembras, y Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) para las cruces, se hizo según la propuesta de Sprague y Tatum (1941) $g_i = \bar{Y}_i - \bar{Y}_{..}$, $g_j = \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}$, $S_{ij} = Y_{ij} - g_i - g_j - \bar{Y}_{..}$ donde: g_i , g_j , y S_{ij} son los efectos de ACG y ACE respectivamente para los i -machos, las j -hembras y sus cruces; \bar{Y}_i , y $\bar{Y}_{.j}$ son las medias de los machos y hembras, Y_{ij} es el valor de la cruce $i \times j$ y $\bar{Y}_{..}$ es la media de todas las $i \times j$ cruces.

Con los cuadros medios y sus esperanzas, se calculó, la varianza genética aditiva.

$(\sigma^2 A)$, la varianza genética de dominancia ($\sigma^2 D$), el grado de dominancia (d) y la heredabilidad en sentido estricto (h^2). Los coeficientes de correlación se estimaron mediante la siguiente ecuación: $r = \text{cov}(xy) (\sigma_x^2 \sigma_y^2)^{-1}$ donde: el numerador indica la covarianza genotípica de las medias entre dos caracteres y el denominador, el producto de las varianzas fenotípicas de cada carácter, de igual forma se procedió con las correlaciones genéticas.

A continuación se presenta el cuadro de análisis de varianza del diseño genético II de Carolina del Norte.

Cuadro 3.2 Cuadro de Análisis de Varianza. Diseño II de Carolina delNorte.

F.V	G1	SC	CM	ECM
Rep.	r-1	$\frac{\sum_{k=1}^r y_{2..r}}{hm} - \frac{y_{2...}}{hmr}$	M_4	
M	m-1	$\frac{\sum_{j=1}^m y_{2..j}}{hr} - \frac{y_{2...}}{hmr}$	M_3	$\sigma^2 e + r\sigma^2 HM + hr\sigma^2 M$
H	h-1	$\frac{\sum_{i=1}^h y_{2i..}}{mr} - \frac{y_{2...}}{hmr}$	M_2	$\sigma^2 e + r\sigma^2 HM + m\sigma^2 H$
H _x M	(h-1)(m-1)	$\frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^m y_{2ij..}}{r} - \frac{\sum_{i=1}^h y_{2i..}}{mr} - \frac{\sum_{j=1}^m y_{2..j}}{hr} + \frac{y_{2...}}{hmr}$	M_1	$\sigma^2 e + r\sigma^2 HM$
Error	(r-1)hm-1	$\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r y_{2ijk} - \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^m y_{2ij..}}{r} - \frac{y_{2...}}{hmr}$	M_0	$\sigma^2 e$
Total	Rmh-1	$\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r y_{2ijk} - \frac{y_{2...}}{hmr}$		

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el presente trabajo se realizó un análisis de varianza individual que nos permitió observar las diferencias estadísticas para las variables analizadas. Los cuadros medios del análisis de varianza para las variables consideradas en el estudio se presentan en el cuadro 4.1 todas las variables: DMZ, DOL, LMZ, NHMZ, NGH, PMG, RMZ Y RG, muestran diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$), para las fuentes de variación machos y hembras. Para la interacción (M*H) las variables DOL, LMZ, NHMZ, NGH, RMZ Y RG, mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$), mientras que PMG resultó significativa ($p \leq$

0.05) y DMZ, con resultados no significativos (ns). Los límites de coeficiente de variación se encuentran entre 4.77 y 13.48 por ciento, correspondiente al diámetro de olote (DOL) y el rendimiento de grano (RG) respectivamente.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza y nivel de significancia estadística.

Diseño II de Carolina del Norte. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

F de V	Gl	DMZ cm	DOL Cm	LMZ cm	NHMZ Hileras	NGH Grano/hil.	PMG G	RMZ Kg/Ha.	RG Kg/HA.
Rep.	1	1.824**	0.068*	12.60**	13.52**	172.98**	8077. 2**	145424574.2**	105181557.6**
Machos	9	0.371**	0.397**	12.74**	16.72**	161.17**	3760. 9**	8589181.8**	7300131.5**
Hembras	9	0.718**	0.341**	13.17**	27.56**	56.35**	5416. 4**	10783185.6**	9096386.1**
M*H	81	0.103ns	0.029**	2.41**	1.72**	18.35**	673.7*	4351690.5**	3015580.8**
Error	99	0.094	0.017	1.05	0.71	6.37	424.7	1105413.9	749537.3
Total	199								
Media		4.38	2.71	15.04	14.64	31.97	207.3	8741.0	6420.6
CV%		7.00	4.77	6.80	5.76	7.89	9.94	12.02	13.84

*, **, = significancia al 0.05 y al 0.01 de probabilidad, ns = no significativo. DMZ = diámetro de mazorca, DOL = diámetro de olote, LMZ = longitud de mazorca, NHMZ = número de hileras por mazorca, NGH = número de granos por hilera, PMG = rendimiento de mazorca y RG = rendimiento de grano.

El cuadro 4.2 muestra el comportamiento promedio de los machos, los cuales presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para todas las variables en estudio, lo que indica la diversidad genética que existe entre ellos, por lo que puede predecirse un alto potencial productivos en sus cruzas. La media más alta para rendimiento de mazorca (RMZ) y rendimiento de grano (RG) fue el M₁ con un rendimiento de 10,093 Kg/ha y 7,727 Kg/ha respectivamente, en contraste con el de menor rendimiento en ambas variables fue el M₁₀ con 7,968 Kg/ha y 5,683 Kg/ha. Para el diámetro de mazorca (DMZ) y diámetro de olote (DOL) el M₃ fue el más alto con 4.7 cm (DMZ) y 3.0 cm (DOL); el menor diámetro de mazorca (DMZ) lo presentaron los machos M₉ y

M₁₀ con 4.2 cm y para diámetro de olote (DOL) el M₁₀ con 2.5 cm. El largo de mazorca (LMZ) y número de granos por hilera (NGH) el M₅ fue el mas alto con 16.3 cm y 36.5 granos / hilera, el de menor rango en esas mismas variables fue el M₃ con 13.5 cm y 27.3 granos / hilera. El macho mas sobresaliente para número de hileras por mazorca (NHMZ) fue el M₁ con 16.7 hileras / mazorcas y el de menor número fue el M₁₀ con 13.6 hileras / mazorcas. Para peso de mil granos (PMG) el más sobresaliente fue el M₇ con 232 g y el de menor peso fue el M₅ con 185g.

Cuadro 4.2 Comportamiento promedio de rendimiento y sus componentes, en líneas de maíz usadas como machos. Diseño II de Carolina del Norte UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2004.

M	RMZ Kg/Ha	RG Kg/Ha	DMZ Cm	DOL Cm	LMZ Cm	NHMZ hileras	NGH granos	PMG Gramos
1	10093*	7727*	4.5*	2.8	15.5	16.7*	35.6*	190
2	8339	6151	4.4	2.7	15.1	14.3	31.8	202
3	8873	6161	4.7*	3.0*	13.5	15.2	27.3	211
4	8846	6474	4.4	2.8	14.3	13.7	31.6	215
5	9506*	7078	4.3	2.7	16.3*	15.2	36.5*	185
6	8866	6713	4.4	2.7	14.6	14.9	29.5	217
7	8073	6060	4.3	2.6	15.1	14.2	31.5	232*
8	8423	6000	4.4	2.8	15.5	14.5	34.6	200
9	8425	6161	4.2	2.6	15.1	14.1	31.0	210
10	7868	5683	4.2	2.5	15.7	13.6	30.4	211
Media	8741	6420	4.3	2.7	15.0	14.6	31.9	207
%CV	12.0	13.4	7.0	4.7	6.8	5.7	7.8	9.9

El cuadro 4.3 presenta el compartimiento promedio de las hembras encontrando que la H₁₂ sobresalió para rendimientos de mazorca (RMZ), rendimiento de grano (RG), diámetro de olote (DOL) y numero de hileras por mazorca (NHMZ) con 10,060 kg/ha, 7,946 kg/ha, 2.8 cm y 17.3 hileras / mazorca respectivamente; en estas mismas variables y en el mismos orden, las hembras con menor rendimiento fueron H₂₀ con 7,594 kg/Ha, H₁₉ con 5,606

kg/Ha y H₃ con 12.8 hileras / mazorca. Para el diámetro de mazorca (DMZ) las hembras H₁₁, H₁₆, H₁₇ y H₁₈ se mostraron iguales entre ellas y superiores a los demás con 4.5 cm y la de menor diámetro fue la H₂₀ con 4.0 cm. En diámetro de olote (DOL) compartieron el valor mas alto las hembras H₁₆ y H₁₉ con 2.9 cm y la H₂₀ con el menor diámetro de 2.5 cm. En el largo de mazorca (LMZ) y peso de mil granos (PMG) la H₁₄ tiene los valores más altos con 16.3cm y 226 g respectivamente; así mismo, la hembra con los valores más bajos fue la H₁₉ con 13.8 cm y 181 g respectivamente. Para numero de hileras por mazorca (NHMZ) la H₁₂ fue superior con 17.3 hileras / mazorca y la de menor valor la H₁₃ con 12.8 hileras / mazorca. Finalmente para numero de granos por hilera (NGH) la H₁₈ con 34.4 granos / hilera supero a las demás, quedando con menor numero la H₁₇ con 29.4 granos / hilera.

Cuadro 4.3 Comportamiento promedio de rendimiento y sus componentes, en líneas de maíz usadas como hembras Diseño II de Carolina del Norte UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2004.

H	RMZ Kg/ha	RG Kg/ha	DMZ Cm	DOL Cm	LMZ Cm	NHMZ Hileras	NGH granos	PMG G
11	9724*	7117	4.5*	2.8*	15.5*	14.7	34.3*	223
12	10060*	7946*	4.2	2.8*	14.8	17.3*	30.6	213
13	8567	6158	4.2	2.6	15.4*	12.8	33.5*	223
14	8611	6324	4.4*	2.7	16.0*	13.8	31.4	226*
15	8482	6068	4.3	2.7	15.9*	14.1	32.1	199
16	8969	6494	4.5*	2.9*	14.1	14.7	30.6	222
17	8724	6473	4.5*	2.8*	14.3	15.5	29.4	207
18	8754	6200	4.5*	2.9	15.6*	14.8	34.4*	193
19	7927	5606	4.2	2.6	13.8	14.3	31.3	181
20	7594	5822	4.0	2.5	14.8	14.4	32.4	187
Media	8741.0	6420.6	4.3	2.7	15.0	14.6	31.9	207
%CV	12.0	13.4	7.0	4.7	6.8	5.7	7.8	9.9

Los promedios de rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG) y sus componentes complementarios, de las 15 mejores cruzas se pueden observar en los Cuadros 4.4 y 4.5 donde se encuentra que las cruzas más sobresalientes en rendimiento de mazorca (RMZ), fluctúan entre 10 y 12.5 t ha⁻¹, correspondiendo también a las mejores en rendimiento de grano (RG), que tienen un rango de variación de 7.9 a 9.6 t ha⁻¹. Para diámetro de mazorca (DMZ) y de olote (DOL), sus variaciones son desde 4.82 a 4.35 cm y de 2.94 a 2.65 cm respectivamente. En el cuadro 4.5 para longitud de mazorca (LMZ) encontramos diferencias en valores desde 14.2 hasta 17.6 cm, para el número de hileras por mazorca (NHMZ) y de granos por hilera (NGH), se presentaron valores desde 14 hasta 20 y de 28.4 hasta 37.4 respectivamente, para el peso de mil granos (PMG), las variaciones en valores van desde 179 g hasta 273 g. De acuerdo a la amplitud de los rangos, existe una variación amplia entre los valores de cada característica evaluada, por lo que se considera que algunos componentes de rendimiento influyen en los resultados más que otros, por lo que al conjuntarse por recombinación y selección en líneas contrastantes podrían resultar patrones heteróticos definidos. Duvick (1999), comenta que los híbridos altamente rendidores obtienen su rendimiento, no solo de la heterosis, sino también de otros factores hereditarios, que no son necesariamente influenciados por la heterosis, por lo que se debe de conocer la importancia relativa de cada contribución genética, en la producción de híbridos.

Cuadro 4.4 Promedio de rendimiento y sus componentes en 15 cruzas de maíz más sobresalientes. UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2004.

Cruza			Cruza			Cruza			Cruza		
M	H	RMZ media	M	H	RG Media	M	H	DMZ media	M	H	DOL media
1	16	12549.7	1	16	9656.1	3	14	4.9	3	18	3.2
5	17	11753.8	6	12	9556.6	3	12	4.8	3	11	3.2
6	12	11702.0	6	11	8933.4	8	16	4.8	3	16	3.1
6	11	11681.1	1	12	8924.3	3	17	4.8	3	14	3.1
2	11	11541.3	5	17	8907.6	6	12	4.8	3	12	3.0
3	20	11185.0	2	11	8905.7	1	16	4.8	3	17	3.0
5	12	11115.5	5	12	8769.1	5	17	4.7	8	16	3.0
4	12	11063.7	3	20	8671.8	2	18	4.7	3	13	3.0
1	15	11032.9	4	12	8628.0	3	18	4.7	1	18	2.9
1	12	10863.6	2	12	8358.5	4	12	4.7	2	18	2.9

6	13	10644.9	1	15	8279.4	2	11	4.6	3	15	2.9
7	14	10531.6	7	12	8263.1	1	12	4.6	1	13	2.9
9	12	10469.8	6	13	8223.3	2	12	4.6	1	16	2.9
2	12	10375.5	9	12	8083.1	6	17	4.6	6	12	2.9
10	18	10343.5	7	14	7989.8	3	13	4.6	5	17	2.9

Cuadro 4.5 Promedio componentes de rendimiento en las 15 cruzas de maíz más sobresalientes. UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2004.

Cruza LMZ			Cruza NHMZ			Cruza NGH			Cruza PMG		
M	H	media	M	H	Media	M	H	media	M	H	media
10	15	19.0	6	12	20	1	18	40	7	14	273
6	11	17.6	1	12	20	1	19	39	10	11	272
10	18	17.5	3	12	18	5	11	38	7	13	260
7	14	17.5	1	20	18	5	16	38	3	14	250
8	14	17.1	1	16	17	5	20	38	4	14	246
1	18	16.9	5	17	17	6	11	38	6	11	240
5	14	16.9	5	12	17	4	18	37	7	15	239
5	11	16.8	4	12	17	1	15	37	6	14	238
5	12	16.7	2	12	17	8	11	37	10	16	238
5	18	16.7	1	18	17	6	13	37	7	16	237
6	14	16.7	6	17	17	5	18	36	7	11	237
9	15	16.6	1	11	17	10	18	36	4	12	235
1	15	16.6	1	17	17	1	20	36	2	12	235
8	11	16.5	6	11	16	5	13	36	3	13	235
5	15	16.4	1	15	16	5	12	36	4	11	234

Los mayores efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG), para las características de rendimiento de mazorca (RMZ) y rendimiento de grano (RG), se encontraron en las líneas 1, 5 y 6 usadas como machos, y 11, 12 y 16 como hembras (Cuadro 4.6 y 4.7). También se detectó que la longitud de mazorca (LMZ), número de hileras por mazorca (NHMZ), y número de granos por hilera (NGH) son los que más contribuyeron a la expresión de los machos sobresalientes, lo cual concuerda con lo encontrado por (De La Cruz, et al.

2003). Para las hembras un factor importante, es el peso del grano (PMG), el macho 3 y al hembra 18, mostraron un valor positivo en Aptitud Combinatoria General (ACG) para el rendimiento de mazorca (RMZ), no así para el rendimiento de grano (RG), que resultó con signo negativo, esto probablemente sea una consecuencia al valor elevado de ACG para diámetro de olote (DOL). Los machos 6 y 7, además de las hembras 11, 13, 14, y 16, mostraron los valores mas altos de (ACG) para peso de mil granos (PMG), lo cual aunado a la característica de rendimiento de grano de las líneas hembra 11, 12 y 16, pueden surgir resultados favorables para el mejoramiento del rendimiento como lo menciona Márquez (1991).

Cuadro 4.6 Estimados de Aptitud Combinatoria General (ACG) de líneas de maíz usadas como machos. Diseño II de Carolina del Norte. UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2004.

M	RMZ ACG	RG ACG	DMZ ACG	DOL ACG	LMZ ACG	NHMZ ACG	NGH ACG	PMG ACG
1	1352	1306	0.1	0.055	0.424	2.06	4.23	-17.48
2	-402.1	-270	-0.03	0.005	0.019	-0.34	0.43	-5.725
3	132	-260	0.29	0.315	-1.29	0.56	-4.12	3.725
4	104.9	53.2	0.05	0.04	-0.78	-0.94	0.23	7.875
5	765	657.6	-0.08	-0.03	1.234	0.56	5.13	-22.03
6	124.8	292.1	0.02	-0.03	-0.5	0.26	-1.87	9.775
7	-668.4	-361	-0.05	-0.09	0.009	-0.44	0.13	24.875
8	-318.5	-420	0.03	0.055	0.424	-0.14	3.18	-7.575
9	-316	-260	-0.19	-0.16	0.064	-0.54	-0.37	3.025
10	-773.4	-738	-0.15	-0.18	0.689	-1.04	-0.97	3.525

Cuadro 4.7 Estimados de Aptitud Combinatoria General (ACG) de líneas de maíz usadas como hembras. Diseño II de Carolina del Norte. UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2004.

	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG
H	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG
11	982.6	696.4	0.11	0.095	0.759	0.06	2.33	15.375
12	1319.1	1525	-0.22	0.095	-0.21	2.66	-1.42	5.975
13	-174	-263	-0.18	-0.08	0.344	-1.84	1.53	15.725
14	-130.4	-96.7	0.02	-0.06	0.974	-0.84	-0.62	18.375
15	-259	-353	-0.04	-0.05	0.889	-0.54	0.08	-8.125
16	228.1	73.6	0.13	0.16	-0.93	0.06	-1.42	14.175
17	-17	52.2	0.15	0.04	-0.79	0.86	-2.62	-0.375
18	13.1	-221	0.12	0.165	0.519	0.16	2.38	-14.53
19	-814.5	-815	-0.15	-0.14	-1.27	-0.34	-0.67	-26.18
20	-1147.5	-599	-0.39	-0.23	-0.29	-0.24	0.43	-20.43

En el cuadro 4.8 se muestran los valores de Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) para las 15 mejores cruzas de maíz, observándose que para rendimiento de grano y mazorca, la mayoría de las cruzas mostraron valores altos de ACE, siendo las mejores cruzas las 3x20, 7x14, 5x17, 1x16 y 2x11. La cruz 1x12 fue la única que obtuvo valores negativos de ACE, sin embargo, contrario a los valores de ACG de sus progenitores (Cuadro 4.6 y 4.7), los cuales obtuvieron los valores más altos de ACG, por lo que se considera que la manifestación de buen rendimiento sea debido a la acción génica de sus efectos aditivos relacionados con la ACG, esto concuerda con los resultados obtenidos por Reyes et al (2004). Para el diámetro de mazorca (DMZ), se encontraron valores de ACE positivos para todas las cruzas mostradas, siendo el valor más bajo 0.072 y el más alto 0.643 correspondiendo a la cruz 6x11 y 6x12 respectivamente. Para diámetro de olote (DOL), se encontró el menor valor de -0.07 y el mayor de 0.201 que corresponden a las cruzas 1x15 y 5x7 respectivamente, en estos caracteres se buscarían materiales con valores altos

de DMZ y bajos de DOL, pues esto daría un tamaño mayor de grano o profundidad de grano. En longitud de mazorca (LMZ), los valores en su mayoría son positivos, solo la cruz 2x12 muestra valores negativos (-0.609), siendo las cruza 6x11, 7x14, 6x13, 4x12 y 3x20, las que obtuvieron los valores mas elevados. Para el número de hileras por mazorca (NHMZ) el valor mas elevado lo obtuvo la cruz 6x12, que también es la cruz que obtuvo el valor mas elevado de DMZ, pues a mayor DMZ mayor espacio para acomodar hileras. Con respecto al NGH, el mayor valor se encontró en la cruz 6x11, con valor de 6.36, el cual coincide con el valor mas alto para LMZ, pues a mayor longitud de mazorca, mayor cantidad de granos por hilera. Para el peso de 1000 granos, los valores mas elevados corresponden a las cruza 2x12, 5x17, 7x14 y 1x16, de los cuales, los tres últimos sobresalen en el mayor rendimiento de mazorca y de grano.

Cuadro 4.8 Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) de las 15 mejores cruza de maíz, para rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG), y sus componentes. UAAAN-UL Torreón, Coah. 2004.

Cruza	RMZ Kg ha ⁻¹	RG Kg ha ⁻¹	DMZ Cm	DOL Cm	LMZ cm	NHMZ Nº	NGH Nº	PMG G
1x16	2229	1856	0.198	0.011	0.911	0.24	1.32	21
6x12	1517	1319	0.643	0.146	0.606	2.44	1.62	10.4
6x11	1833	1524	0.072	-0.02	2.291	1.04	6.37	7.53
1x12	-548	-327	0.398	0.005	0.736	0.64	-0.18	-3.8
5x17	2265	1777	0.283	0.201	0.611	0.94	-0.08	24.6
2x11	2220	2059	0.208	-0	0.476	-0.36	1.87	1.53
5x12	290.4	166	0.428	0.046	0.626	-0.86	1.32	-12
3x20	3460	3110	0.338	0.095	1.031	0.04	2.72	16.9
4x12	898.8	629	0.503	0.051	1.041	0.64	-1.78	14.3
2x12	717.5	683	0.518	0.026	-0.609	0.04	-0.48	27.4
1x15	1199	906	0.103	-0.07	0.241	-0.16	1.72	8.28
7x12	620.1	678	0.488	-0.06	0.001	-0.86	2.32	-33
6x13	1953	1773	0.258	0.171	1.436	0.94	5.97	-2.8
9x12	725.8	397	0.378	0.016	0.596	-0.76	2.42	-5.3
7x14	2589	2027	0.193	0.086	1.471	0.64	2.02	22.4

En el Cuadro 4.9, se presentan los coeficientes de correlación del rendimiento y sus componentes, observándose que los rendimientos de mazorca (RMZ) y grano (RG), su correlación es positiva y altamente

significativamente ($p \leq 0.01$), con el resto de las características, especialmente el RMZ con RG y DMZ. El diámetro de mazorca (DMZ) y olote (DOL) están altamente correlacionada, alcanzando el mismo nivel de probabilidad de significancia con el número de hileras por mazorca (NHMZ). Para la longitud de mazorca (LMZ) y número de granos por hilera (NGH), su correlación con el DMZ y DOL no fue significativa (ns), mientras que el diámetro de olote (DOL) y peso de mil granos (PMG), correlacionaron significativamente ($p \leq 0.05$). La longitud de la mazorca (LMZ) y el número de granos por hilera (NGH), mantienen una correlación altamente significativo ($p \leq 0.01$), mientras que con el NHMZ y PMG su correlación es (ns). Las correlaciones del número de hileras por mazorca (NHMZ) con número de granos por hilera (NGH) y peso de mil granos (PMG), además número de granos por hilera (NGH) con peso de mil granos (PMG), no fueron estadísticamente significativa (ns).

Cuadro 4.9 Coeficientes de correlación de rendimiento y componentes de rendimiento en maíz. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG	
1.00	0.974**	0.716**	0.519**	0.394**	0.520**	0.452**	0.327**	RMZ
	1.00	0.652**	0.414**	0.377**	0.576**	0.440**	0.315**	RG
		1.00	0.792**	0.013ns	0.530**	0.016ns	0.388**	DMZ
			1.00	-0.06ns	0.470**	0.008ns	0.215*	DOL
				1.00	0.018ns	0.744**	0.064ns	LMZ
					1.00	0.089ns	-0.11ns	NHMZ
						1.00	-0.15ns	NGH
							1.00	PMG

En el Cuadro 4.10, se pueden observar las varianzas fenotípica (σ^2_f), génicas como (σ^2_A) y (σ^2_D), grado de dominancia (d), heredabilidad en sentido estrecho (h^2) y medias de rendimiento y sus componentes, en maíz, encontrando que para el rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG), las varianzas de dominancia (σ^2_D) fueron 6 y 4 veces superiores a las aditivas (σ^2_A) respectivamente, el grado de dominancia para estas mismas características, fueron de 3,488 y 2.950 lo que indica expresiones de sobredominancia y de efectos heteróticos de acuerdo a la clasificación de Falconer (1985). El valor de heredabilidad para RMZ fue de 12.31% y para RG 16.4% los cuales resultaron relativamente bajos como la mayoría de los caracteres de herencia múltiple.

Para diámetro de mazorca (DMZ) y olote (DOL), los efectos de las varianzas aditivas son mayores que los de dominancia, repercutiendo en los valores bajos del grado de dominancia (d) con 0.627 y 0.839 respectivamente, de tal manera que estas dos características presentan valores altos de heredabilidad (h^2) con 44.22% y 62.38 %. La longitud de mazorca (LMZ) y número de granos por hilera (NGH) son características que mantienen una relación muy estrecha, según los valores de correlación, con valores de varianzas muy similares de manera proporcional, predominando ligeramente la varianza de dominancia sobre la aditiva, por lo cual se obtienen valores muy semejantes del grado de dominancia (d) con valores de 1.6 y 1.627 y la heredabilidad en sentido estricto (h^2) con valores de 36.89 y 37.35%. El número de granos por hileras (NGH) y el peso de mil granos (PMG), aún cuando no correlacionan, ambos muestran las mismas tendencias, observándose aproximadamente el doble en los valores de varianza aditiva con respecto a los de dominancia para el PMG, mientras que para NGH el valor de la varianza aditiva es ligeramente mayor que el de dominancia, presentándose valores muy parecidos tanto para el grado de dominancia (d) como para la heredabilidad (h^2). En el caso de la heredabilidad en sentido estrecho (h^2), los valores mas bajos corresponden al rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG), por ser variables donde intervienen una mayor cantidad de genes, el resto de las características, muestran valores que van desde 35.89 hasta 62.4% de heredabilidad, definidos como valores de heredabilidad tipo medio.

Cuadro 4.10 Varianzas fenotípicas (σ^2_f), aditivas (σ^2_A), de dominancia (σ^2_D), grado de dominancia (d), heredabilidad (h^2), y valor medio, de las características de maíz evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2004.

Carácter	σ^2_f	σ^2_A	Σ^2_D	D	h^2	Media
RMZ	8'664,861	1'066,896	6'492,552	3.488	12.31	8,741
RG	6'318,155	1'036,534	4'532,084	2.950	16.40	6,420
DMZ	0.200	0.088	0.017	0.627	44.22	4.3
DOL	0.190	0.068	0.024	0.839	62.38	2.7
LMZ	5.872	2.108	2.716	1.60	35.89	15.0
NHMZ	6.816	4.083	2.022	0.994	59.90	14.6
NGH	48.401	18.080	23.948	1.627	37.35	31.9
PMG	1502.93	851.98	498.09	1.081	56.68	207.3

Las correlaciones de los parámetros genéticos (Cuadro 4.11), muestran que la varianza fenotípicas (σ^2_f), tiene una correlación estadística altamente significativa ($p \leq 0.01$) con las varianzas aditivas (σ^2_A), de dominancia (σ^2_D) y con las medias, de la misma manera la varianza aditiva (σ^2_A) tiene una correlación altamente significativa ($p \leq 0.01$) con varianza de dominancia (σ^2_D) y con las medias, además la varianza de dominancia (σ^2_D), tiene una correlación altamente significativa con las medias. El grado de dominancia (d) y la heredabilidad (h^2) correlacionan en forma negativa, quizás porque a mayor varianza de dominancia la heredabilidad que depende de los genes aditivos tiende a disminuir, sin embargo, ambos parámetros no tienen correlación con la varianza fenotípica (σ^2_f), varianzas aditivas (σ^2_A) y de dominancia (σ^2_D).

Cuadro 4.11. Coeficientes de correlación de los Parámetros genéticos UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

σ^2_f	1.00					
σ^2_A	.99994**	1.00				
σ^2_D	.99988**	.99965**	1.00			
d	-.0331ns	-.0435ns	-.0255ns	1.00		
h^2	.29011ns	.29595ns	.28173ns	-.9139**	1.00	
M	.99464**	.99365**	.99558**	.05161ns	.232ns	1.00
	σ^2_f	σ^2_A	Σ^2_D	d	h^2	M

V. CONCLUSIONES

- El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas para las líneas evaluadas como machos y hembras, indicando la presencia de variación genética.
- En la interacción genética machos X hembras el diámetro de mazorca (DMZ), resultó no significativa (ns), el peso de mil granos (PMG) fue significativa ($p \leq 0.05 > 0.01$) y para los demás caracteres evaluados se encontró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$), presentando un comportamiento diverso de las cruzas.
- Las líneas machos 1 y 5; las líneas hembras 11 y 12, fueron las que obtuvieron los valores más altos de rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG), y coinciden con los valores más altos de Aptitud Combinatoria General (ACG).
- Las cruzas más sobresalientes por su Aptitud Combinatoria Específica (ACE) fueron 3x20, 7x14 y 1x16, destacando esta última por sus altos valores de ACG de sus líneas.
- La cruce 1x12 es un híbrido de los que obtuvieron los valores más altos de rendimientos tanto de mazorca (RMZ), como de grano (RG), con valores negativos en sus valores de ACE, pero con los mayores valores de ACG.

VI. RESUMEN

En el presente trabajo se analizó el comportamiento agronómico de 100 cruzas de maíz derivadas de 20 líneas, 10 machos y 10 hembras. El objetivo fue evaluar y seleccionar híbridos simples, con buen rendimiento de grano a partir de líneas endogámicas sobresalientes, identificar los mejores híbridos simples con base al comportamiento de las cruzas de las líneas y estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores y aptitud combinatoria específica (ACE) para cruzas.

El trabajo se realizó en el campo experimenta de la UAAAN – UL, en la Comarca Lagunera y se realizó el análisis genético con el diseño II de apareamiento de Carolina del Note. Las evaluaron se realizaron bajo un diseño experimental de bloques al azar, con dos repeticiones.

En el campo se obtuvo información de rendimiento de grano (RG), rendimiento de mazorca (RMZ), diámetro de mazorca (DMZ), diámetro de olote (DOL), longitud de mazorca (LMZ), número de hileras por mazorca (NHMZ), número de granos por hilera (NGH), y peso de mil granos (PMG).

Se realizó un análisis genético para estimar los efectos de aptitud combinatoria general y específica (ACG Y ACE) los que permitieron estimar los componentes de varianza debido a efectos de dominancia aditivos y no aditivos ($\sigma^2 A$ y $\sigma^2 D$). Para los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) Las líneas machos 1 y 5 y hembras 11 y 12 fueron las que obtuvieron los valores más altos de rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG), y coinciden con los valores más altos para los efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE), donde las cruzas más sobresalientes fueron 3x20, 7x14 y 1x16, destacando esta última por sus altos valores de ACG de sus líneas.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Allard, R.W. 1980. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Editorial EOSA. España. 498 p.
- Brauer, H. O. 1983. Fitogenética Aplicada. Editorial ELSA. México. 518 p.
- CIMMYT 1999. Maize Inbred Lines Released by CIMMYT. A compilation of 424 CIMMYT LINES MAIZE (CMLs). CML1-CML424. First draft.
- Comstock R E, H F Robinson 1946. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* 4:254-266.
- Crees, C. E., 1956. Heterosis of the hybrid to gene frequency differences between two populations. *Genetics* 53: 269-274.
- Cruz, L., L de La., j. L. Ramírez D., J. Sánchez G., M. M. Morales R., M. Chuela B., S. A. Hurtado de la P., y S. MENA M. 2003. Heterosis y Aptitud Combinatoria entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz en Jalisco, México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 26 (1): 1-10.
- Chávez A., J. L. y López E. 1994. Mejoramiento de plantas 1. UAAAN. México. 158 p.
- Chávez A. J. L. 1995. Mejoramiento de plantas 2, métodos específicos de plantas alogamas. Editorial trillas, S.A. de C.V. 50 p.
- De la Loma, J. L. 1954. Genética General Aplicada. Segunda edición. Editorial UTEHA. México. 427 p.
- Duvick D N. 1992. Genetic contribution, to advances in yield of U.S.A. maize. *Maydica* 37:69-79.
- Duvick D N. 1999. Heterosis. Feeding people and protecting natural resources. *Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops.* J. G. Coors and S. Pandey ED.

- Eastmond A. y M. L. Robert, 1992. Biotecnología y Agroecología: paradigma opuestos. *Agro – ciencia* 3: 7-22.
- Falconer D S. 1985. *Genética Cuantitativa*. CECSA. México. 135 p.
- Geiger H. H, G Seitz, A. E Melchinger, G. A Schimidt. 1992. Genotypic correlations in forage maize I. Relationships among yield and quality traits in Hybrids. *Maydica* 37:95 – 99.
- Griffing B. 1956a. A generalized treatment of diallel crosses. *Heredity*, 10:31-50.
- Gutiérrez R. E., A. Palomo, A. Banda y E. Lázaro 2003. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca L Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25: 271-277.
- Hallauer A R, J B Miranda. 1988. *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. Second Ed. Iowa State University Press. Ames. U. S. A. 468 p.
- Hallauer, A. R. and S.A. Eberhart. 1976. Reciprocal full – sib selection. *Crop Sci*. 10: 315-316.
- HALLEY, R. J. 1990. *MANUAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA*. ed.: 1ra. Ed.: LIMUSA. Balderas 95. 1er. Piso 06040. México. D.F. P. 180.
- Jungenheimer W. R. 1985. *Maíz. Variedades mejoradas, método de cultivo y producción de semillas*. Editorial LIMUSA. México. P. 841
- Márquez S. F. 1991 *Geotécnica Vegetal. Métodos y teoría*. Tomo III. AGT EDITOR, S.A.
- Paniagua G. 2004. XII Curso Internacional de actualización en tecnología de semillas. UAAAN Saltillo, Coahuila.
- Peña et al. 2003. Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. *Téc. Pecu. México* 41:63-74 p.
- Reta S. David G., A. Gaytan M., J. S. Carrillo A. 1998. Respuesta del maíz a densidades de población y métodos de siembra. I. Rendimiento y sus componentes. *Cienc. Agropecuario. FAUNAL*. 8:11-16.

- Reyes L., D., J. D. Molina G., M. A. Oropeza R., E. del C. Moreno P. 2004. Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza tuxpeño. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 27 (1): 49-56.
- Silva S. R. 1999. Heredabilidad y correlaciones fenotípicas en líneas avanzada de trigo. XVII Congreso Nacional SOMEFI. Sociedad Mexicana de Fitogenética 2002. P 246.
- Sprague G. F., L. A. Tatum. 1941. General vs specific combining hability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 34:923-932