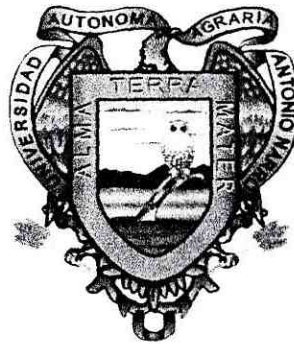


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**APTITUD COMBINATORIA EN LINEAS
BRAQUITICAS DE MAIZ (*Zea mays* L.)**

POR

HECTOR MANUEL DIAZ DIAZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**APTITUD COMBINATORIA EN LINEAS
BRAQUITICAS DE (*Zea mays* L.)**

TESIS DEL C. HECTOR MANUEL DIAZ DIAZ ELABORADA BAJO LA
SUPERVISION DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR

Asesor Principal



Dr. Armando Espinoza Banda

Asesor



Dr. Arturo Palomo Gil

Asesor



Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

Asesor

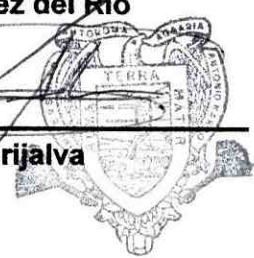


MC. Oralia Antuna Grijalva



M.E. Víctor Martínez Cueto.

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS


Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**APTITUD COMBINATORIA EN LINEAS
BRAQUITICAS DE MAIZ (*Zea mayz* L.)**

TESIS DEL C. HECTOR MANUEL DIAZ DIAZ QUE SE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DE H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADO POR



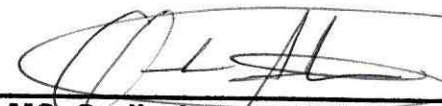
Dr. Armando Espinoza Banda
PRESIDENTE



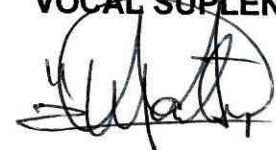
Dr. Arturo Palomo Gil
VOCAL



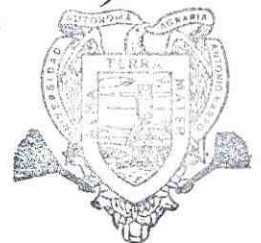
Dr. Emiliano Gutierrez del Rio
VOCAL



MC. Oralia Antuna Grijalva
VOCAL SUPLENTE



Ing. Víctor Martínez Cueto



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEDICATORIA.

A dios el eterno creador por haberme dado la vida y enseñarme el camino para terminar mi carrera, por darme fuerzas y salud para llegar a este momento importante de mi vida.

A mi madre:

Odelva Diaz Almanza

Por haberme dado la vida así como su apoyo cariño y comprensión en todo momento y formar en mi una persona de bien ayudándome a terminar mis estudios profesionales.

A mi padre:

Socorro Díaz Palma (†)

Que desde el cielo me indico el camino y me guió por el buen camino para concluir mi carrera.

A mi hermana:

Heidy Cecilia Díaz Díaz

Por sus consejos y motivaciones para seguir adelante y compartir conmigo momentos bonitos y felices en mi vida.

A mi novia:

Daisy Iliana

Por brindarme su amor y palabras de aliento en momentos difíciles de mi vida y de mis estudios, por darme su apoyo incondicional en todo momento, por estar siempre a mi lado, escucharme y darme consejos para salir adelante.

AGRADECIMIENTOS.

A mi “**ALMA TERRA MATER**” por darme la oportunidad de cursar en ella mis estudios profesionales

Al Dr. Armando Espinoza Banda por su amistad, consejos, apoyo y enseñanzas para la realización de este trabajo.

Al Dr. Emiliano Gutiérrez por su colaboración en esta investigación.

Al Dr. Arturo Palomo Gil por su disposición durante la investigación.

M.C Oralia Antuna Grijalva por su apoyo durante mi trabajo de tesis

A mis amigos:

Ulises Vargas, Víctor Ceballos, Carlos Díaz, Pedro Cervantes, Ricardo Soto, Israel de Roa, José Luis Grajales, Vladimir Rodríguez, Mario Gonzáles, Marlen Vásquez, Nancy Domínguez.

Por brindarme su amistad, confianza, aprecio y apoyo incondicional durante mi carrera, por compartir conmigo momentos bonitos y ayudarme de una manera u otra terminar mi formación profesional a todos ellos mil gracias.

RESUMEN

Con el objeto de evaluar y seleccionar las líneas más sobresalientes en características agronómicas y rendimiento de grano con base en el comportamiento agronómico y genético de sus mestizos, en el verano del 2005 se formaron 32 mestizos utilizándose como probador la población Gómez Palacio y en primavera del 2006 se evaluaron en la localidad de Venecia Durango. El diseño fue en bloques completos al azar con dos repeticiones incluyéndose como testigo el probador además de dos líneas y un híbrido comercial (Monarca). Se cuantificaron en una muestra de cinco planta en competencia completa las variables: Altura de planta (**AP**), Altura de mazorca (**AM**), Peso de mazorca (**PM**), Longitud de mazorca (**LM**), Diámetro de mazorca (**DM**), Numero de hileras (**NH**), Numero de granos por hilera (**GN**), Rendimiento de grano (**REN**), Peso de olote (**PO**), Diámetro de olote (**DO**). En el análisis de varianza se observó que a excepción de diámetro de olote (**DO**), mazorca (**DM**) y longitud de mazorca (**LM**) que fueron no-significativos, el resto mostró diferencias altamente significativas. Lo que sugiere que existe variación en éstas últimas y que es posible seleccionar respecto aquellas relacionadas con la producción. Los mestizos fueron significativamente diferentes para las variables Altura de planta y mazorca, Granos por hilera, Numero de hileras, Longitud y Peso de mazorca y Rendimiento de grano, y en consecuencia las líneas respectivas también. Los mestizos-15 y 18 produjeron los rendimientos de grano significativamente más altos con 17.1 y 17.3 t ha⁻¹ y de mayor ACG. La heterosis fue mayor en las variables Altura de Mazorca y Peso de Olote, en tanto para Rendimiento de grano fue de 8%.

Palabras clave: Mestizos, Probador, heterosis, rendimiento de grano.

INDICE

TITULO	PÁGINA
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
RESUMEN.....	VI
INDICE DE CONTENIDO.....	VII
INDICE DE CUADROS.....	X
I. INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
Metas.....	3
I. REVISION DE LITERATURA.....	4
Origen del maíz.....	4
Teoría del ancestro común.....	4
Origen Citogenético.....	4
Clasificación Taxonómica.....	5
Importancia del maíz.....	5
Descripción Botánica de la planta del Maíz.....	6
Estructura morfológica de la planta de maíz.....	6
Raíz.....	6
Hojas.....	6
Tallos.....	7
Inflorescencia.....	7

Ciclo vegetativo	8
Diversidad genética.....	8
Nutrición.....	8
Probadores.....	8
Aptitud combinatoria.....	10
Aptitud combinatoria general.....	11
Aptitud combinatoria especifica	11
Características morfológicas del gene braquitico.....	12
Competencia por luz y posición de las hojas.....	13
I. MATERIALES Y METODOS.....	16
Ubicación del área de estudio.....	16
Características del suelo.....	16
Características del clima.....	16
Material genético utilizado	16
Diseño experimental.....	17
Manejo agronómico.....	17
Preparación del terreno.....	17
Siembra.....	18
Riegos.....	18
Fertilización.....	18
Control de malezas.....	18
Control de plagas.....	18
Variables evaluadas.....	19

	Análisis estadístico.....	19
	Aptitud combinatoria general.....	19
	Heterosis.....	20
I.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	21
	Altura de mazorca y planta.....	22
	Diámetro de olote (DO) y mazorca (DM).....	22
	Granos por hilera (GH).....	23
	Numero de hileras (NH).....	23
	Longitud de mazorca (LM).....	23
	Peso de olote (PO).....	24
	Peso de mazorca (PM).....	24
	Rendimiento de grano (REN).....	25
	Heterosis.....	27
	Aptitud combinatoria general (ACG).....	27
I.	CONCLUSIONES	30
II.	BIBLIOGRAFIA.....	31
III.	APENDICE.....	35

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cuadrados medios de diez variables evaluadas en 32 mestizos y cuatro testigos.....	21
Cuadro 2. Valores medios de diez variables evaluadas en 32 mestizos.....	26
Cuadro 3. Vigor híbrido (%) en relación al progenitor masculino (población original) para los mestizos evaluados.....	28
Cuadro 4. Aptitud combinatoria general de 32 mestizos para 10 variables evaluadas.....	29
Cuadro 1A. Valores promedio de 10 variables evaluadas en 36 genotipos.....	36

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (***Zea mays L.***) ocupó el tercer lugar mundial alimentario al fin del siglo pasado, alcanzando una producción anual en los últimos años que sobrepasa los 500 millones de toneladas. Los Estados Unidos de América (USA) encabezan la lista de países productores, con el 38 por ciento de la producción, seguido de China 21 por ciento Brasil 7 por ciento y México 3 por ciento llegando al año 2000 con una producción de 591 millones de toneladas.

El cultivo de maíz en México cubre una superficie aproximada de ocho millones de hectáreas, de la cual el 94 por ciento corresponde al ciclo primavera-verano (PV), y 6 por ciento al ciclo otoño-invierno (OI). Del total, 88 por ciento de la superficie se siembra de temporal o secano (Bommer, 1991).

En muchas regiones de México, los agricultores que cultivan maíz contribuyen a la conservación y generación de la diversidad genética. Así por un lado en la práctica mantienen las variedades locales tradicionales al pasarlas de generación en generación, y por otro, al seleccionar deliberadamente las semillas más favorables por sus diversas características, a través de las variantes que se han ido presentando por selección natural, mutación, introducción, recombinación y aislamiento, llegan a formar nuevos tipos, variedades o razas a través del tiempo, (Hernández, 1972)

En la Región Lagunera, como en el resto del país, este cereal es importante tanto para el consumo humano como para la alimentación de ganado, ya que esta región es una de las cuencas lecheras más importantes del país (SAGARPA, 2001.) Actualmente son pocos los materiales adaptados generados para la Comarca Lagunera, pues la mayoría de los materiales sembrados en la actualidad provienen de compañías extranjeras, por tal motivo la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en su programa de mejoramiento genético, está tratando de seleccionar y generar materiales

híbridos de maíz con las características de ciclo y planta con mejor adaptación para siembras tanto para ciclo primavera como verano.

Es importante señalar que los programas de mejoramiento genético en maíz generan en forma dinámica nuevos híbridos experimentales, y por consiguiente el estudio de su comportamiento agronómico para identificar aquellos genotipos con características iguales o superiores a los que ya existen con el objetivo de incluirlos en la tecnología, para tratar de mejorar los niveles de productividad y producción de grano en la región lagunera.

La prueba temprana de líneas es un método que se ha sugerido por diversos investigadores como un medio de seleccionar aquellos materiales que muestren un mayor potencial agronómico. Una técnica clásica es la cruz de prueba en la cual se utiliza un genotipo denominado probador. El probador tiene como objetivo discriminar aquellos materiales con mayor aptitud combinatoria. El tipo de probador dependerá del tipo de acción génica que se quiera explotar. De acuerdo a Márquez (1988) un probador de amplia base genética si el objetivo es la acción génica aditiva o un probador de base genética reducida, como una línea ó híbrido, si se quiere explotar la acción génica no aditiva.

Objetivo

Evaluar y seleccionar las líneas con características agronómicas y rendimiento de grano con base en el comportamiento agronómico, la aptitud combinatoria y heterosis de sus mestizos.

Hipótesis

Ho: Las líneas difieren en sus características agronómicas, potencial de rendimiento y genético.

Ha: Las líneas no difieren en sus características agronómicas, potencial de rendimiento y genético.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

Origen del maíz

Teoría del ancestro común.

El cultivo del maíz, el teocintle y el tripsacum, provienen de un ancestro común, originado en las tierras altas de México o Guatemala, actualmente ya extinguida, se cree que tenía un grado de adaptación muy pobre y se extinguió cuando los indígenas empezaron a domesticar el maíz. El número cromosómico cambio de 20 a 18, dando origen a tripsacum y de aquí a 36 y 72, lo cual ocasiono que el teocintle no se volviera a cruzar con el tripsacum. Se considera que las diferencias entre el maíz y teocintle, surgieron aisladamente pero que de tal diferenciación, no ocurrió en poblaciones de maíz y teocintle, que surgieron creciendo juntos; a esto se debe que el maíz y el teocintle se crucen con facilidad (Weatherwax, citado por Robles, 1994).

Origen Citogenético.

El maíz proviene del teocintle, ya que ambas plantas tienen 10 cromosomas en sus células gaméticas. La posición de los nudos cromosómicos en algunos teocintles, es terminal y en otros intercalada, al igual que en maíz, estas diferencias pueden atribuirse a la migración, mutación, recombinación y a la selección.

La hibridación entre maíz y teocintle, ocurre con mucha frecuencia en forma natural y los híbridos son altamente fértiles.

El descubrimiento mas reciente, fue hecho por Macneish en 1965, en el Valle de Tehuacan, Puebla, donde se encontró mazorcas de maíz silvestre a las que, mediante la prueba del carbono 14 se estima una edad aproximada de 7000 años, (Robles, 1994).

Clasificación taxonómica

Robles, (1994). Indica que la clasificación taxonómica del maíz es la siguiente:

Reino.....	Vegetal
División.....	Tracheophyta
Subdivisión.....	Pteropsidae
Clase.....	Angiospermas
Subclase.....	Monocotiledónea
Grupo.....	Glumiflora
Orden.....	Graminales
Familia.....	Gramineae
Tribu.....	Maydeae
Genero.....	Zea
Especie.....	Mays

Importancia del maíz.

El cultivo del maíz tuvo su origen con toda probabilidad en América Central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte hasta Canadá y hacia el sur hasta Argentina. La evidencia más antigua de la existencia del maíz, de unos 7,000 años de antigüedad ha sido encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacan en el estado de México (ITESM, 2004).

El maíz es considerado como cultivo básico, ya que forma parte de la dieta alimenticia diaria del país. El maíz es un cereal que se adapta ampliamente a casi todas las condiciones ecológicas y edáficas por eso se cultiva prácticamente en todo el mundo (Pérez, 1994).

Actualmente el maíz es uno de los productos agrícolas más importantes, sus derivados están relacionados directamente con la elaboración de una gran cantidad de productos como: alimento para ganado, papel, refrescos, tintas, pegamentos, aceite comestible, etc. El maíz es una especie de clima templado que tiene un elevado potencial de rendimiento asociado con altos niveles de fotosíntesis, es una planta de alta productividad, una semilla puede producir de 600 a 1000 granos de maíz y su temperatura optima es cerca de los 35 a 40 °C (ITESM, 2004).

Descripción botánica de la planta de maíz

Robles, (1994) describe que la planta de maíz es monoica, que tiene flores masculinas y femeninas en la misma planta pero separadas, con hábito de crecimiento anual, su ciclo de vida es de 80 hasta 200 días, de siembra cosechada.

Estructura Morfológica de la Planta de Maíz.

Raíz

El maíz es una gramínea anual, que forma un sistema radicular denso, a modo de cabellera, que 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 mas 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 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 lamina se encuentra una formación específica a modo de lengüeta, denominada ligüeta.

Tallos

Los tallos o cañas los forman una sucesión de nudos y entrenudos, 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 cuyos extremos se encuentra el estigma, receptor del grano de polen. Los estigmas de todas las flores de las 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 solo es viable menos de 24 horas. El maíz es una planta alegama, 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 mays* 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 tonelada métrica son: 25 kg, de N, 11 Kg, de P₂O₅ y 23 Kg, de K₂O por cada 1000 Kg, de producción esperada.

Probadores

Márquez (1988) Al comienzo de la hibridación de maíz se antojo lógico que el probador para ACG fuera la población misma de donde se derivaron las líneas. Quizá por eso las cruza que en esas épocas pioneras se realizaron entre las líneas y los probadores se les llamo *Top crosses* (mestizos), esto ha

de ver sido porque al cruzar las líneas (de bajo rendimiento, vigor, altura, etc.) con la población de cual provenían se mejoraba la progenie, lo que está implícito en la acepción del término mestizo. Posteriormente fueron diversificándose las fuentes de líneas y consecuentemente los tipos de probadores.

Top- cross (mestizo) cuando en la cruce de prueba se usa un probador de amplia base genética, como son las poblaciones heterocigotas, sintéticos o cruces dobles (Jenkins, 1940 y Hull, 1945).

Test-cross, cuando en una cruce de prueba se usa un probador de reducida base genética como una línea o una cruce simple (Chávez, 1994)

Posteriormente fueron diversificándose las fuentes de líneas y consecuentemente los tipos de probadores, al tenerse varios ya no era posible recurrir a una población original, se pensó en usar uno que fuera un probador universal de amplia base genética para que aportara en la formación de los mestizos la mayor cantidad de gametos posibles. Sin embargo muy pronto se vio que la diversidad podía alcanzar al germoplasma no emparentado e incluso se observó que había tendencia a tenerse mayor grado de heterosis en cruzamientos de material local con exótico, complicando aun más la elección de un probador para ACG que cubriera tan amplios rangos de variación genética entre las fuentes de las líneas.

Aptitud combinatoria

La capacidad de una línea para transmitir productividad conveniente a su progenie híbrida, se conoce con el nombre de aptitud combinatoria (Rojas y Jiménez, 1986).

Según Márquez (1998), el termino 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 solo en un individuo de la población sino en varios a fin de poder seleccionar aquellos 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 dialelicos como un procedimiento de pruebas de líneas endocriadas. Ellos definen el termino de aptitud combinatoria general como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas, y el termino 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 cruzaas simples en términos de acción genética.

Hoegenmeyer y Hallauer (1976) indican que en un programa de mejoramiento, cuya finalidad es la formación de híbridos, la aptitud combinatoria específica debe ser mas importante, ya que se pueden explotar mas a los efectos no aditivos, como dominancia y epistasis, ya que la varianza de la aptitud combinatoria general indica la porción de la varianza genética debida a los efectos aditivos de los genes. Mientras que la varianza de la aptitud

combinatoria específica indica la porción de la varianza genética que puede ser debida a desviaciones de dominancia.

El análisis de la aptitud combinatoria tiene mayor uso en programas de mejoramiento que son diseñados para explotar heterosis mediante la producción de híbridos F1 (Meredith, 1984). Estos análisis también proveen información acerca del tipo de acción genética que esta presente en la población base, lo cual ayuda en la selección del material progenitor para ser usado en la producción de cruza y poblaciones segregantes.

Aptitud combinatoria general

Sprague y Tatum (1942), acuñaron el termino 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 (1995) menciona que la aptitud combinatoria general (ACG) es el efecto promedio que una línea causa a sus cruza, medido como la desviación de la media general; es decir lo que una línea hereda a sus progenitores en promedio de muchas cruza.

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), indican 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 cruce específica.

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

Características morfológicas del gene braquítico – 2 (br- 2)

Woodworth (1941) encontró que el gene braquítico (br-2) no es un mutante de emergencia por que se puede identificar solamente cuando las plantas alcanzan su madurez.

Singleton (1949) observo que cuando se introduce el gene br-2 en una variedad o línea de maíz, los rendimientos generalmente se abaten.

Campbell (1965) trabajando con híbridos enanos reporto que dichos enanos fueron homocigotos para el gene recesivo br-2, pero que tenían genes no identificados que modifican la expresión del gene mayor para enanismo que originaban que la altura de la planta variaba entre los homocigotos del br-2.

Scot y Campbell (1965) encontraron que el gene br-2 es uno de los varios genes que en maíz reduce la altura de la planta y mazorca.

La principal ventaja que se le adjudica a este gene en un programa de mejoramiento, es que reduce la cantidad de tallos quebrados o acamados.

Anderson y Chaw (1963) concluyeron que la altura de los híbridos braquítico-2 está positivamente correlacionado a la altura de la mazorca en el maíz convertido a tipo braquítico.

Competencia por luz y posición de las hojas.

Katta y Castro (1970) afirman que una de las razones importantes por las que los maíces enanos braquíticos no han permitido un aumento en los rendimientos por hectárea, es que el proceso fotosintético no se realiza de una forma eficiente en las hojas de las plantas braquíticas, debido a que la longitud de los entrenudos es muy reducida no así el número de longitud y el ancho de las hojas, provocando pues que se tenga una mayor competencia por luz que en los maíces normales, otro factor limitante en este tipo de plantas es el de la posición de las hojas, pues como están unas muy cerca de otras, alineadas en un solo plano además de crearse competencia por luz dificultan la polinización.

Tratando de aliviar esta limitación en los materiales braquíticos; Katta y Castro (1970) pensaron en cambiar algunas características morfológicas, tales como plantas con hojas angostas y erectas y espigas cortas, que permitieron una mayor penetración de la luz.

Blackman y Black (1959) indicaron que la competencia por luz ocurre virtualmente entre plantas de todos los cultivos, exceptuando solamente la etapa siguiente a su emergencia, cuando son pequeñas o bien en las zonas áridas en donde la limitación de agua causa que no haya poblaciones altas.

Donald (1951) mostró que en un cultivo cuando haya limitación de humedad o nutrientes, la competencia por luz entre las plantas puede ser un factor que debe considerarse.

Monsi y Saeky (1953) enfatizaron sobre las expectativas teóricas calculando la interpretación relativa de luz por las hojas erectas y horizontales de 5 especies. Las hojas erectas interceptaron aproximadamente 44 por ciento mas luz que las hojas horizontales.

Watson y Witts (1959) obtuvieron datos interesantes con respecto a la influencia del ángulo de la hoja en la producción de remolacha, pues compararon la remolacha silvestre con una variedad moderna y encontraron que la competencia entre las hojas por luz fue menos aguda en el tipo moderno, por que la mayor proporción del follaje recibía luz aprovechable.

Wilson (1960) enfatizo el valor teórico de las hojas inclinadas en relación con las hojas horizontales. El mostró que una hoja erecta podría recibir luz adecuada sobre un área mucho mayor.

Pendleton *et al* (1968) realizaron estudios sobre el ángulo de la hoja y la estructura de la planta de maíz, en relación con rendimiento y fotosíntesis aparente. Ellos indicaron que el ángulo de la hoja puede afectar drásticamente la penetración de la luz en una área compacta del follaje, debido a que las hojas superiores interceptan la mayor producción de la radiación solar, impidiendo de esta manera que la energía solar llegue con la misma intensidad en las hojas medias e inferiores de la planta al comparar dos híbridos isogénicos excepto para el ángulo de la hoja observaron un incremento en el rendimiento de 41 por ciento para el tipo de hojas erectas.

Katta y Castro (1970) condujeron un estudio con maíces enanos para determinar el efecto sobre el rendimiento de niveles variables de penetración de luz causados por medio de cambiar en el arreglo foliar; reportando que los rendimientos se podrían aumentar seleccionando genotipos de hojas erectas angostas, de espigas pequeñas que permitieran una mejor penetración de la luz a las hojas y sugieren que se busquen genotipos en los que las hojas emergan

de los nudos en direcciones diferentes, pues en este caso la competencia por luz entre las hojas de la misma planta no seria tan intensa como lo es en plantas cuyas hojas nacen en la misma dirección.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El estudio se llevo acabo dentro del campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango localizada en el kilómetro 30 de la carretera Gómez Palacio – Tlahualilo, ubicada en el Ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio Durango. Dentro de las coordenadas 25° 46 51" latitud norte y 130° 21 04" longitud oeste.

Características del suelo

El suelo es migajón arcilloso con una capacidad de campo de 34.5 por ciento.

Características de clima

Según la clasificación de Dr. C. W. Thorntwaite, el clima en la Comarca Lagunera es árido con lluvias escasas en todas las estaciones del año, la temperatura media en la región es aproximadamente de 20.6 °C y un rango de 18.7 a 21.3°C siendo mayo el mes mas caluroso y teniendo un periodo libre de heladas de abril a septiembre

De acuerdo a los registros de los últimos años el periodo máximo de lluvia es de mayo a octubre con una precipitación promedio anual de 250 mm.

Material genético utilizado.

En el verano del 2005 se realizaron las cruzas entre 32 líneas enanas S₁ con la variedad Gómez Palacio como probador, generándose los mestizos respectivos.

Posteriormente en la primavera del 2005 se evaluaron los 32 mestizos obtenidos. Se agregaron además al experimento cuatro testigos, los cuales fueron dos líneas, L-6 de porte bajo con hojas erectas y L-9 de altura y hojas normales, la variedad Gómez Palacio y un híbrido comercial cruza doble denominado Monarca, haciendo un total de 36 tratamientos.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques al azar con dos repeticiones. La parcela experimental fue de un surco de tres metros de largo y 0.75 m entre surcos.

Modelo Estadístico

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + R_j + M_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

μ = Es la media general.

R = Es el efecto de la j – ésima repetición.

M = Es el efecto de la i – ésimo mestizo anidada.

ε_{ij} = Error experimental

Manejo agronómico

Preparación del terreno: Se realizó un barbecho a una profundidad de 30 cm. y seguido de una doble rastra y bordeado.

Siembra: La siembra se realizó en forma manual el 24 de marzo en húmedo en parcelas de tres metros de largo a una distancia entre plantas de 0.17m y a 0.75 m entre surcos para obtener una densidad de 78 000 plantas por hectárea.

Riegos. Se dieron un riego de pre-siembra y tres de auxilio con una lámina de 65 cm.

Fertilización. Se fertilizó con la fórmula 180-100-00, aplicando el 50 por ciento del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y el resto del nitrógeno antes del primer riego de auxilio.

Control de maleza.

El control de malezas se llevo a cabo con la aplicación de un herbicida preemergente al momento de la siembra; además se realizó un control fitosanitario completo durante el desarrollo del cultivo.

Control de plagas.

La principal plaga que se presento al inicio del estado vegetativo del cultivo fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperla*), el cual se le aplicó Decis con una dosis de 1L ha⁻¹; además se presentó la incidencia de pulga negra (*Chaetocnema pulicaria*) controlándose con Lorsban a dosis de 1L ha⁻¹.

Variables evaluadas

Altura de planta (**AP**) se midió desde la base hasta la base de la espiga; Altura de mazorca (**AM**) se midió desde la base de la planta hasta la parte basal de la mazorca; Peso de mazorca (**PM**) este se obtuvo en gramos para posteriormente convertirse a toneladas por hectárea; Longitud de mazorca (**LM**) se tomo la medida en centímetros; Diámetro de mazorca (**DM**) se midió con un vernier y al igual que la longitud se realizo en centímetros; Numero de hileras (**NH**) se cuantifico el numero de hileras por cada mazorca; Numero de granos por hilera (**GN**) se contaron los granos de cada hilera en cada mazorca; Rendimiento de grano (**REN**) se obtuvo del peso de las mazorcas de la parcela en gramos, para después ser convertido a toneladas por hectárea, Peso de olote (**PO**) se obtuvo en gramos y después se convirtió a toneladas por hectárea; Diámetro de olote (**DO**) se midió en centímetros con un vernier.

Análisis estadístico

El análisis estadístico para las variables evaluadas, se realizó con el paquete SAS (SAS Institute, Inc.; SAS. B. 1988).

Aptitud combinatoria general

Se estimó deduciendo la media individual de cada mestizo a la media general para cada una de las variables evaluadas, mediante la siguiente formula.

$$ACG = \bar{X}_G - \bar{X}_M$$

Donde:

\bar{X}_G = Media general de los mestizos

\bar{X}_M = Media de cada uno de los mestizos

Heterosis

Se estimó con relación al progenitor masculino (Probador) que fue la Población original Gómez Palacio:

$$\text{Heterosis (\%)} = (F_1/PO) \times 100;$$

Donde F1= Media de cada mestizo, PO= Es la media de la población original.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se presenta la significancia de cuadrados medios de 10 variables medidas en 32 mestizos y cuatro testigos, una línea enana, una línea endogámica y un híbrido doble, donde a excepción de diámetro de olote (DO), mazorca (DM) y longitud de mazorca (LM) que fueron no-significativos, el resto mostró diferencias altamente significativas. Lo anterior sugiere que existe variación en éstas últimas y que es posible seleccionar respecto aquellas relacionadas con la producción. En contraste las variables DO, DM y LM no serían de utilidad para este proceso.

El análisis de varianza mostró coeficientes de variación aceptables pues éstos oscilaron de 1% al 19%, lo cual indica un buen manejo del experimento.

Cuadro 1. Cuadrados medios de 10 variables evaluadas en 32 mestizos y cuatro testigos.

FV†	R	Mestizos	Error	C V(%)	Media
GL	1	35	35		
Variable					
AP	0.00001	0.19**	0.03	6.5	2.7
AM	0.03200	0.23**	0.08	19.5	1.5
DO	0.01600	0.07ns	0.07	8.4	3.1
DM	0.00880	0.17ns	0.13	6.9	5.2
GH	0.00222	15.07**	0.12	1.0	35.3
NH	0.98000	3.22**	1.00	6.9	14.5
LM	12.56000	3.07ns	3.39	11.4	16.1
PO	0.00220	34.44**	0.14	11.9	3.1
PM	0.03125	8.56**	0.06	1.4	18.0
REN	0.00014	4.70**	0.05	1.4	15.2

*, **, Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad; ns= No significativo;

† FV=Fuentes de variación, GL= Grados de libertad; PO=Peso de olote;

PM= Peso de mazorca; REN= Rendimiento de grano; DO= Diámetro de olote;

GH= Granos por hilera; NH= Numero de hileras; DM= Diámetro de mazorca;

LM= Longitud de mazorca; AP= Altura de planta.; AM= Altura de mazorca;

Coefficiente de variación.

Altura de mazorca y planta

En general se observó una gran variación para ambas variables, donde el mestizo-2 fue estadísticamente el de mayor altura con 3.1m y 2.0m de altura de planta y mazorca respectivamente (Cuadro 2). El rango entre mestizos para AP osciló de 2.0 m a 3.1 m donde el Mestizo-29 fue el de menor altura pero estadísticamente más alto que la L-6 de tipo braquítica.

El mestizo-2 fue estadísticamente igual a la población original y al híbrido comercial los cuales exhibieron las mayores alturas de 2.8 m y 2.6 m respectivamente, y muy superior a las líneas 6 y 9, que además fueron las de menor altura.

Respecto a la altura de mazorca entre los mestizos, esta osciló de 1.0 m a 2.0 m estadísticamente igual a la línea-9, Población original y el híbrido comercial con 1.0, 1.6 y 1.5 m respectivamente. Nueve de los 32 mestizos tuvieron alturas menores a la media (1.52) y 23 superiores a esta.

Dentro de los mestizos evaluados existen materiales con alturas de planta y mazorca similares al híbrido comercial (2.6 m y 1.5 m) aunque existen otros con valores inferiores que son preferibles por su mayor tolerancia al acame (Hernández y Esquivel, 2004).

Diámetro de olote (DO) y mazorca (DM)

No se observaron diferencias significativas entre mestizos, líneas, híbrido y la Población original para ambas variables. Los mestizos (Mz) promediaron 3.1 cm y 5.2 cm para ambas. El mayor DO se observó en el mestizo-31 con 3.5 cm, y el mayor DM lo presentó el mestizo-21 con 5.7cm. De los testigos el Híbrido fue el que mostró mayor DO y DM con 3.2cm y 5.4cm, (Cuadro 2).

Louette (2006), al evaluar 14 variedades criollas de maíz encontró que el DO osciló de 1.8 a 3.0cm y para el DM de 3.6 a 4.6cm, lo cual son inferiores al encontrado en el presente trabajo.

Granos por hilera (GH)

Los materiales evaluados fueron diferentes estadísticamente, observándose un rango de 27.8 a 41.7 granos, donde menor valor correspondió a la Línea-9 y el mayor al Mestizo-27, superior estadísticamente al resto de los genotipos evaluados, inclusive los testigos. Medina y Segovia (1995) al evaluar variedades experimentales en Venezuela encontraron un rango de 35.5 a 40 GH, donde el testigo regional mostró el mayor número. Estos resultados coinciden con los encontrados en el presente estudio.

Número de hileras (NH)

Para el número de hileras por mazorca (NH), se presentó una amplitud que osciló de 13.0 a 20.2 lo cual es un indicativo de la diversidad existente en los materiales. La Línea-9 reportó el mayor valor con 20.2 NH, la cual fue estadísticamente igual a los mestizos-9 y 11 con valores de 16 y 16.6 en promedio. Tanto la Población original como el Híbrido registraron 14 hileras estadísticamente igual a la media de los mestizos (Mz) con 14.5. Este promedio coincide con lo encontrado por Medina y Segovia (1995) de 14.4 al evaluar un grupo de variedades criollas y mejoradas. Resultados semejantes encontraron Hernández y Esquivel (2004) al evaluar un grupo de mestizos y sus testigos.

Longitud de mazorca (LM)

Aún cuando el análisis de varianza no detectó diferencias significativas para esta variable, se observó un rango aproximado a 5 cm.

Donde la Línea-9 mostró la menor longitud con 13.5cm en tanto que el Mestizo-34 y el híbrido comercial registraron longitudes de mazorca de 18.4 y 18.3 cm respectivamente. La media de los mestizos fue de 16.1 cm y la de la Población original de 17 cm. Medina y Segovia (1995) tampoco encontraron diferencias significativas para esta variable, encontrando en promedio 17.7 hileras. Por el contrario Hernández y Esquivel (2004) detectaron diferencias altamente significativas al evaluar dos grupos de mestizos y sus correspondientes testigos híbridos.

Peso de olote (PO)

Esta variable es de importancia por su asociación alta y positiva con rendimiento (Robledo *et al.* 2003). El mayor peso de olote (PO) se registró para el Híbrido comercial con 5.8 t ha⁻¹ en promedio el cual fue estadísticamente igual a los mestizos-36, 31, 30 y 19, con 4.3, 5.2, 4.3 y 4.5 t ha⁻¹. La Línea-9 registró el menor PO con 0.9 t ha⁻¹, en tanto que lo Población original registró 3.0 t ha⁻¹, estadísticamente igual a la media de los mestizos. Algunos estudios expresan el PO como porcentaje de la mazorca. Bajo esta consideración el Híbrido tendría un 26 por ciento, en tanto que el mestizo-31 un 24 por ciento. En cambio el promedio del porcentaje de elote fue de 16 por ciento, lo cual no discrepa con lo encontrado por Carrera y Cervantes (2002) al evaluar cruza entre poblaciones tropicales observando un 15 por ciento de porcentaje de elote.

Peso de mazorca (PM)

El híbrido comercial presento la mayor producción de mazorca con 22.2 t ha⁻¹ estadísticamente igual al Mestizo-31, el cual produjo 21.3 t ha⁻¹. De los testigos, la Línea-9 fue la que menos produjo con solo 9.4 t ha⁻¹; la línea-6 produjo 17.9 t ha⁻¹ y la Población original 19.0 t ha⁻¹ estadísticamente similares al promedio de los mestizos (17.9 t ha⁻¹).

Rendimiento de grano (REN)

Los mestizos-15 y 18 sobresalieron por su mayor potencial de rendimiento con 17.3 y 17.1 t ha⁻¹, estadísticamente superior al resto. De los testigos el híbrido y la Población original (Probador), produjeron rendimientos similares pero inferiores a los dos mestizos arriba mencionados. El promedio de los mestizos fue de 15.1 t ha⁻¹, muy superior a los reportados Muñoz *et al.* (2000) al evaluar mestizos derivados de poblaciones de maíz dentado y cristalino donde el mejor mestizo produjo en promedio 13.18 t ha⁻¹.

Cuadro 2. Valores medios de 10 variables evaluadas en 32 mestizos.

Mestizo	AP†	AM	DO	DM	GH	NH	LM	PO	PM	REN
1	2.7	1.5	3.0	5.3	32.0	14.6	15.7	2.5	18.5	16.0
2	3.1	2.0	2.9	5.0	35.6	13.9	14.6	0.4	15.6	15.2
3	2.6	1.6	3.3	5.2	34.5	14.4	14.8	2.7	18.8	16.1
4	2.5	1.4	3.3	5.0	36.0	14.0	15.4	3.3	17.9	14.6
5	2.6	1.6	3.1	5.1	31.5	14.6	14.0	2.7	17.0	14.3
6	2.8	1.8	3.3	5.1	33.2	13.3	16.9	3.7	17.7	14.1
7	2.8	1.5	3.1	5.3	37.8	13.8	16.6	3.9	18.4	14.5
8	2.5	1.4	3.1	5.1	35.8	13.4	15.6	2.8	16.4	13.7
9	2.7	1.5	3.3	4.9	36.6	16.0	16.4	2.3	17.7	15.4
11	2.6	1.2	2.8	4.7	37.5	16.6	14.3	1.2	17.8	16.6
12	2.6	1.2	3.1	5.2	39.1	15.1	16.7	2.5	18.0	15.5
13	2.7	1.7	3.1	5.2	32.3	13.8	15.4	2.4	17.1	14.7
14	2.7	1.4	3.2	5.3	35.0	14.8	16.4	2.1	18.5	16.4
15	2.9	1.9	3.3	5.5	35.8	14.8	17.8	2.8	19.9	17.1
17	2.7	1.4	2.9	4.6	37.2	13.6	17.1	3.0	17.9	15.0
18	2.7	1.5	3.3	5.4	35.8	15.8	17.1	3.0	20.3	17.3
19	2.9	1.7	3.4	5.6	36.6	14.0	16.7	4.5	19.6	15.0
20	2.4	1.4	3.1	5.2	32.8	15.0	15.5	3.6	17.7	14.1
21	2.6	1.6	3.4	5.7	36.2	14.8	15.6	3.1	20.0	16.9
22	2.7	1.5	3.1	5.2	34.0	14.4	15.9	3.0	17.5	14.6
24	2.7	1.6	3.0	5.2	38.6	14.2	16.7	2.6	18.9	16.3
25	2.6	1.4	3.1	5.4	34.2	15.2	15.9	3.8	19.6	15.8
26	2.8	1.5	3.2	5.1	35.7	13.0	16.2	2.9	17.6	14.8
27	2.6	1.2	3.0	4.9	41.7	13.8	17.5	2.4	16.8	14.4
28	2.7	1.5	3.0	5.1	35.4	14.1	15.8	2.8	16.6	13.8
30	2.8	1.5	3.1	4.8	31.4	13.2	17.6	4.3	15.5	16.3
31	3.0	1.4	3.5	5.5	36.6	13.8	17.7	5.2	21.3	16.1
32	2.7	1.4	3.2	5.5	34.4	14.2	15.3	3.7	17.7	14.0
33	2.7	1.4	3.0	5.1	29.3	14.8	14.1	2.6	18.7	16.1
34	2.9	1.5	3.1	5.1	38.5	14.2	18.4	3.0	19.7	16.7
35	2.9	1.5	3.1	5.4	35.2	14.8	16.3	3.2	19.2	16.1
36	2.9	1.6	3.4	5.3	35.2	13.0	17.7	4.3	18.6	14.4
Media(Mz)	2.69	1.52	3.12	5.16	35.1	14.5	16.09	2.92	17.9	15.13
L-6	1.2	0.6	2.7	4.5	37.6	13.6	14.9	1.5	17.2	15.7
L-9	2.0	1.0	2.6	4.4	27.8	20.2	13.5	0.9	9.4	8.5
P Original	2.8	1.6	3.1	5.2	37.0	14.0	17.0	3.0	19.0	16.0
Hibrido	2.6	1.5	3.2	5.4	35.5	14.4	18.3	5.8	22.2	16.4
Tukey(0.05)	0.7	0.4	1.1	1.5	1.4	4.2	7.7	1.5	1.0	0.9

†; AP= Altura de planta.; AM= Altura de mazorca; DO= Diámetro de olote; GH= Granos por hilera; NH= Numero de hileras; DM= Diámetro de mazorca; LM= Longitud de mazorca; PO=Peso de olote; PM= Peso de mazorca; REN= Rendimiento de grano.

Heterosis

La heterosis respecto al progenitor masculino (Población original) para las variables evaluadas se presenta en el Cuadro 3, donde se observan en general valores bajos menores del 15 por ciento en altura de planta, DO, DM, GP, LM, PM y REN. Para altura de mazorca (AM) en cambio los mestizos-2, 6 y 15 presentaron niveles de heterosis de 89, 16 y 20 por ciento respectivamente. Peso de olote (PO) nueve mestizos presentan heterosis superiores al 20 por ciento, entre los que destacan el 31, 19, y 30 con 76 por ciento, 53 por ciento y 44 por ciento respectivamente. Respecto a REN los máximos valores fueron los mestizos 15 y 18 con 8 por ciento y 7 por ciento respectivamente.

Aptitud combinatoria general (ACG)

Los valores de aptitud combinatoria general se presenta en el Cuadro 4, donde sobresale el Mestizo-15 con nueve valores de ACG positivos con la excepción de la variable PO, lo cual lo identifica como una craza sobresaliente. En la misma situación se encuentra el Mestizo-18 solo que los valores son de menor magnitud. Ambos híbridos también se identifican como los de mayor rendimiento. El Mestizo-21 con siete valores de ACG positivos debe su potencial preferentemente a las variables DO, DM y PM principalmente. El Mestizo-34, con cinco valores positivos de ACG, es probable que su potencial radique en las variables AP, GH, LM y PM. En cambio el Mestizo-11 está influenciado por las variables GH y NH.

Cuadro3. Vigor híbrido (%) en relación al progenitor masculino (Población original) para los mestizos evaluados.

Mestizo	AP†	AM	DO	DM	GH	NH	LM	PO	PM	REN
1	96‡	96	95	102	86	104	92	85	97	100
2	111	189	94	97	96	99	86	12	82	95
3	95	99	105	100	93	103	87	90	99	100
4	91	86	106	96	97	100	91	110	94	91
5	92	98	100	98	85	104	82	90	89	89
6	99	116	106	98	90	95	99	124	93	88
7	99	93	99	101	102	99	98	132	97	90
8	89	85	99	98	97	96	91	93	86	85
9	97	96	106	94	99	114	97	78	93	96
11	93	77	91	91	101	119	84	41	93	103
12	93	77	100	101	106	108	98	85	94	97
13	96	107	100	100	87	99	90	80	90	92
14	96	91	104	103	95	106	97	69	97	102
15	104	120	106	105	97	106	105	95	104	107
17	96	91	94	89	101	97	101	100	94	93
18	96	96	107	105	97	113	101	100	107	108
19	103	107	108	108	99	100	98	153	103	94
20	84	86	98	99	89	107	91	122	93	88
21	92	98	111	109	98	106	92	103	105	106
22	96	94	101	101	92	103	94	100	92	91
24	98	104	96	100	104	101	98	88	99	102
25	92	87	101	104	92	109	93	129	103	98
26	102	92	104	97	96	93	95	97	93	92
27	93	78	95	94	113	99	103	81	88	90
28	98	93	97	98	96	101	93	93	87	86
29	73	62	83	85	75	144	79	29	49	53
30	99	95	100	92	85	94	104	144	82	102
31	106	86	112	105	99	99	104	176	112	100
32	97	88	102	105	93	101	90	124	93	88
33	96	91	96	98	79	106	83	86	98	101
34	104	94	99	98	104	101	108	102	103	104
35	103	93	98	103	95	106	96	107	101	100
36	103	98	110	103	95	93	104	144	98	90
P Original	2.79	1.58	3.1	5.2	37	14	17	2.95	19	16

†: AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; DO= Diámetro de olote; GH= Granos por hilera; NH= Numero de hileras; DM= Diámetro de mazorca; LM= Longitud de mazorca; PO=Peso de olote; PM= Peso de mazorca; REN= Rendimiento de grano. ‡ H(%)= (F1/P Original)x100.

Cuadro 4. Aptitud combinatoria general de 32 mestizos para diez variables evaluadas.

Mestizo	AM†	AP	DO	DM	GH	NH	LM	PO	PM	REN
1	-0.01	0.10	-0.17	0.13	-3.13	0.08	-0.4	-0.57	0.6	0.87
2	1.47	0.52	-0.20	-0.13	0.47	-0.62	-1.54	-2.72	-2.35	0.07
3	0.04	0.06	0.13	0.03	-0.63	-0.12	-1.26	-0.42	0.85	0.92
4	-0.17	-0.06	0.16	-0.15	0.87	-0.52	-0.69	0.18	-0.05	-0.58
5	0.03	-0.03	-0.03	-0.09	-3.63	0.08	-2.07	-0.42	-0.95	-0.83
6	0.31	0.17	0.17	-0.07	-1.93	-1.22	0.76	0.58	-0.25	-1.08
7	-0.05	0.17	-0.06	0.09	2.67	-0.72	0.51	0.83	0.45	-0.68
8	-0.17	-0.11	-0.05	-0.07	0.67	-1.12	-0.54	-0.32	-1.50	-1.48
9	0.00	0.12	0.16	-0.28	1.47	1.48	0.33	-0.77	-0.25	0.22
11	-0.31	0.01	-0.30	-0.44	2.37	2.08	-1.75	-1.87	-0.15	1.42
12	-0.30	0.01	-0.01	0.07	3.97	0.58	0.57	-0.57	0.05	0.32
13	0.17	0.1	-0.01	0.04	-2.83	-0.72	-0.72	-0.72	-0.85	-0.48
14	-0.09	0.10	0.10	0.18	-0.13	0.28	0.32	-1.02	0.55	1.22
15	0.38	0.32	0.18	0.32	0.67	0.28	1.75	-0.27	1.95	1.92
17	-0.08	0.10	-0.20	-0.54	2.07	-0.92	1.01	-0.12	0.0	-0.18
18	0.0	0.08	0.19	0.28	0.67	1.28	1.04	-0.12	2.4	2.17
19	0.17	0.27	0.24	0.48	1.47	-0.52	0.56	1.43	1.65	-0.13
20	-0.16	-0.24	-0.07	-0.01	-2.33	0.48	-0.55	0.53	-0.25	-1.08
21	0.03	-0.03	0.32	0.52	1.07	0.28	-0.49	-0.02	2.05	1.77
22	-0.04	0.08	0.01	0.08	-1.13	-0.12	-0.19	-0.12	-0.4	-0.58
24	0.12	0.15	-0.13	0.02	3.47	-0.32	0.62	-0.47	0.95	1.12
25	-0.15	-0.01	0.02	0.24	-0.93	0.68	-0.22	0.73	1.65	0.62
26	-0.06	0.25	0.09	-0.1	0.57	-1.52	0.11	-0.22	-0.3	-0.38
27	-0.28	0.0	-0.16	-0.29	6.57	-0.72	1.43	4.33	-1.1	-0.78
28	-0.05	0.14	-0.10	-0.06	0.27	-0.42	-0.32	-0.32	-1.35	-1.38
29	-0.54	-0.57	-0.54	-0.74	-7.33	5.68	-2.59	-2.22	-8.55	-6.63
30	-0.02	0.18	-0.01	-0.36	-3.73	-1.32	1.53	1.18	-2.4	1.12
31	-0.16	0.38	0.34	0.31	1.47	-0.72	1.58	2.13	3.35	0.92
32	-0.13	0.11	0.05	0.31	-0.73	-0.32	-0.84	0.58	-0.25	-1.13
33	-0.08	0.09	-0.14	-0.09	-5.83	0.28	-1.99	-0.52	0.8	0.97
34	-0.04	0.31	-0.05	-0.08	3.37	-0.32	2.28	-0.07	1.75	1.57
35	-0.05	0.28	-0.07	0.22	0.07	0.28	0.16	0.08	1.30	0.92
36	0.03	0.28	0.28	0.17	0.07	-1.52	1.56	1.18	0.70	-0.78

†; PO=Peso de olote; PM= Peso de mazorca; REN= Rendimiento de grano; DO= Diámetro de olote; GH= Granos por hilera; NH= Numero de hileras; DM= Diámetro de mazorca; LM= Longitud de mazorca; AP= Altura de planta.; AM= Altura de mazorca.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las hipótesis del presente trabajo se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- ✓ Los mestizos fueron significativamente diferentes para las variables Altura de planta y mazorca, Granos por hilera, Numero de hileras, Longitud y Peso de mazorca y Rendimiento de grano.
- ✓ Lo anterior sugiere que las líneas respectivas también son diferentes.
- ✓ Los mestizos-15 y 18 produjeron los rendimientos de grano significativamente más altos con 17.1 y 17.3 t ha⁻¹ y de mayor ACG.
- ✓ La heterosis fue mayor en las variables Altura de Mazorca y Peso de Orote.
- ✓ La heterosis máxima para Rendimiento de grano fue 8%.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson J C, P N Chaw 1963 Phenotype y grain yield associated with brachytic-2 gene in single cross hybrids of dent corn. *Crop.sic.* 3: 11-113.
- Blackman G E, Black J N (1959) Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. XII the role of light factor in limiting growth. *Ann. Bot.* 23: 131-145.
- Boomer D F R, (1991) The historial development of international collaboration in plant genetic resources in: Th. J. L Van Hintum, L Frese, and P. M. Ferrer (eds), searching for new concepts for collaborative genetic resources management: paper of the EUCARPIA- BPGR symposium. International boar for plant genetic resources. Pp 3-12
- Campbell C M 1965 New dwarfs and modifiers proceedings 20 th annual hybrid corn industry – research conference. P: 22-30.
- Cervantes S T, J A Carrera V (2002) Comportamiento per se y en cruzas de poblaciones tropicales de maíz seleccionadas en Valles Altos. *Agrociencia* 36: 693-701.
- Chávez A, J, L. 1995 mejoramiento de plantas I Editorial Trillas.México.
- Donald C M (1951) intra-specific competition among annual pasture plants *Australian Jour. Agric. Res.* 2(4): 355-375.
- Hernández C JM, G Esquivel E (2004) Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de Valles Altos de México. *Re. Fitotec. Mex.* 27: 27-31.
- Hernández X E (1972) Exploración etnobotanica en maíz. *Fitotecnia Latinoamericana* pp: 46-51.

- Hoegenmeyer T C, A R Hallauer (1976) Selection among and within full-sib families to develop single crosses of maize. *Crop Sci.* 16: 76-81.
- <http://www.agro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/cmaizGeneralidades.html#caracteristicasgeneralesdelcultivo>. (fecha de consulta 27 de septiembre, 2006).
- <http://www.cimmyt.org/ABC/geneflow/geneflow.pdf spa/FG-Intercambio.pdf>
(revisado el día 13 de Octubre del 2006)
- Hull F H (1945) Recurrent selection and specific combining ability in corn. *J. Am. Soc. Agron.*, 37: 134-145
- Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), 2004e. Producción Vegetal de Maíz. Características Generales del Cultivo. (en línea).
- Jenkins M T (1940) The segregation of genes affecting yield of grain in maize. *J. Am. Soc. Agron.*, 32: 55-63.
- Jugenheimer R W (1985) *Corn improvement, seed production and uses*. Malabar, FL, USA, Robert E. Krieger Publishing.
- Katta Y S, Castro M G (1970) Some reasons for depressed yield in dwarf corns. *Maize Genetics News Letter* (48): 24-25
- Louette D (2006) Intercambio de semillas entre agricultores y flujo genético entre variedades de maíz en sistemas agrícolas tradicionales.
- Márquez S F (1998) Genotecnia vegetal métodos, teoría, resultados tomo II primera edición. Editorial AGTESA. México.

- Medina M S, V Segovia S (1995) Evaluación de variedades experimentales de maíz en la región nor-oriental del estado guarico-Venezuela. *Agronomía Tropical* 46(2):171-187.
- Meredith W R JR, (1984) Quantitative genetics in R J kohel and C F Lewis (eds) cotton AMER. Soc. Agron. Monograph 24 Madison, wis. USA.
- Monsi M, Saeky T (1953) *Adv in Agron.* 10: 438-473.
- Muñoz U A, E Navarro G, J Espinoza V (2000) Selección recíproca recurrente en poblaciones de maíz para trópico seco y bajo mexicano. *Agraria UAAAN* Vol 16 num. 1: 1-26.
- Pendlenton J W, G E Smith, S R Winter, and T J (1968) Field investigation of the relationships of leaf angle in corn (*Zea mays*) to grain yield and apparent photosynthesis. *Agron.* 60: 422-424.
- Pérez H G, (1994) Interacción Genotipo Ambiente de 20 Genotipos de Maíz (*Zea mays* L.) bajo el método de Ferman y Perkins. Tesis Profesional de la UAAAN- UL. Torreón, Coah. México. P 42.
- Robledo T V, J Hernández D, A Benavides M y F Ramírez G (2003) Análisis de sendero en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo riego y temporal. *Agrofaz volumen 3 número 1: 187-192.*
- Robles S R (1994) producción de granos y forrajes. Quinta edición Ed LIMUSA México.
- Rojas M, K Jiménez (1986) Prueba de aptitud combinatoria general en líneas de maíz de alta calidad proteínica. *Agronomía Costarricense* 10 (12): 29-32.
- Scot G E, C M Campbell (1965) Internode in normal and brachytic-2 maize inbred and single crosses. *Crop sci.* 9. 239-295.
- Singleton W R (1949) Short corn can be good corn. *What's new in crops and soils.* 1: 22-24.

Sprague G F, Tatum L A (1942) General versus specific combining ability in single crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron.*, 34: 923-932.

Watson D J, Witts K J (1959) The net assimilation rates of wild and cultivated beets. *Am. Bot.* 23: 431-439.

Wilson J W (1960) Influence of spatial arrangement of foliage area on light interception and pasture growth. Proc 8th Intern. Grassland Congr. Reading England.

VII. APENDICE

Cuadro 1A. Valores promedio de 10 variables evaluadas en 36 genotipos.

G†	PO	G	PM	G	REN	G	GH	G	DO	G	NH	G	DM	G	LM	G	AM	G	AP
27	7.4*	23t	22.2*	18	17.3*	27	41.7*	31	3.5*	29t	20.2*	21	5.7*	34	18.4*	2	3.0*	2	3.1*
23t	5.8	31	21.3	15	17.1	12	39.1	21	3.4	11	16.6	19	5.6	23t	18.3	15	1.9	31	3.0
31	5.2	18	20.3	21	16.9	24	38.6	36	3.4	9	16.0	15	5.5	15	17.8	6	1.8	15	2.9
19	4.5	21	20.0	34	16.7	34	38.5	19	3.4	18	15.8	32	5.5	31	17.7	13	1.7	34	2.9
36	4.3	15	19.9	11	16.6	7	37.8	18	3.3	25	15.2	31	5.5	36	17.7	19	1.7	35	2.9
30	4.3	34	19.7	23t	16.4	10t	37.6	15	3.3	12	15.1	18	5.4	30	17.6	24	1.6	36	2.9
7	3.9	19	19.6	14	16.4	11	37.5	6	3.3	20	15.0	23t	5.4	27	17.5	16t	1.6	19	2.9
25	3.8	25	19.6	24	16.3	17	37.2	9	3.3	35	14.8	25	5.4	18	17.1	3	1.6	26	2.8
6	3.7	35	19.2	30	16.3	16t	37.0	4	3.3	15	14.8	35	5.4	17	17.1	21	1.6	16t	2.8
32	3.7	16	19.0	33	16.1	31	36.6	3	3.3	33	14.8	14	5.3	16t	17.0	36	1.6	30	2.8
20	3.6	24	18.9	35	16.1	19	36.6	23t	3.2	21	14.8	36	5.3	6	16.9	5	1.6	7	2.8
4	3.3	3	18.8	31	16.1	9	36.6	14	3.2	14	14.8	1	5.3	24	16.7	18	1.5	6	2.8
35	3.2	33	18.7	3	16.1	21	36.2	26	3.2	1	14.6	7	5.3	12	16.7	9	1.5	24	2.7
21	3.1	36	18.6	16t	16.0	4	36.0	32	3.2	5	14.6	22	5.2	19	16.7	1	1.5	28	2.7
34	3.0	1	18.5	1	16.0	15	35.8	25	3.1	22	14.4	12	5.2	7	16.6	30	1.5	9	2.7
22	3.0	14	18.5	25	15.8	8	35.8	22	3.1	3	14.4	16t	5.2	9	16.4	23t	1.5	32	2.7
17	3.0	7	18.4	10t	15.7	18	35.8	13	3.1	23t	14.4	13	5.2	14	16.4	34	1.5	13	2.7
16t	3.0	12	18.0	12	15.5	26	35.7	12	3.1	24	14.2	3	5.2	35	16.3	22	1.5	17	2.7
18	3.0	17	17.9	9	15.4	2	35.6	30	3.1	34	14.2	24	5.2	26	16.2	35	1.5	14	2.7
26	2.9	4	17.9	2	15.2	23t	35.5	5	3.1	32	14.2	20	5.2	22	15.9	28	1.5	1	2.7
15	2.8	11	17.8	19	15.0	28	35.4	16t	3.1	28	14.1	28	5.1	25	15.9	7	1.5	33	2.7
28	2.8	9	17.7	17	15.0	35	35.2	8	3.1	19	14.0	8	5.1	28	15.8	26	1.5	22	2.7
8	2.8	20	17.7	26	14.8	36	35.2	34	3.1	4	14.0	6	5.1	1	15.7	33	1.4	18	2.7
5	2.7	32	17.7	13	14.7	14	35.0	7	3.1	16t	14.0	34	5.1	21	15.6	17	1.4	3	2.6
3	2.7	6	17.7	22	14.6	3	34.5	20	3.1	2	13.9	5	5.1	8	15.6	14	1.4	12	2.6
24	2.6	26	17.6	4	14.6	32	34.4	35	3.1	31	13.8	33	5.1	20	15.5	32	1.4	11	2.6
33	2.6	22	17.5	7	14.5	25	34.2	28	3.0	13	13.8	26	5.1	4	15.4	25	1.4	23t	2.6
12	2.5	10t	17.2	36	14.4	22	34.0	24	3.0	7	13.8	2	5.0	13	15.4	20	1.4	27	2.6
1	2.5	13	17.1	27	14.4	6	33.2	33	3.0	27	13.8	4	5.0	32	15.3	31	1.4	25	2.6
13	2.4	5	17.0	5	14.3	20	32.8	27	3.0	17	13.6	9	4.9	10t	14.9	4	1.4	5	2.6
9	2.3	27	16.8	20	14.1	13	32.3	1	3.0	10t	13.6	27	4.9	3	14.8	8	1.4	21	2.6

Continuación cuadro 1A.....

14	2.1	28	16.6	6	14.1	1	32.0	2	2.9	8	13.4	30	4.8	2	14.6	27	1.2	4	2.5
10t	1.5	8	16.4	32	14.0	5	31.5	17	2.9	6	13.3	11	4.7	11	14.3	12	1.2	8	2.5
11	1.2	2	15.6	28	13.8	30	31.4	11	2.8	30	13.2	17	4.6	33	14.1	11	1.2	20	2.4
29t	0.9	30	15.5	8	13.7	33	29.3	10t	2.7	26	13.0	10t	4.5	5	14.0	29t	1.0	29	2.0
2	0.4	29t	9.4	29t	8.5	29t	27.8	29t	2.6	36	13.0	29t	4.4	29t	13.5	10t	0.6	10	1.2
Tukey	1.5		1.0		0.9		1.4		1.1		4.2		1.5		7.7		1.2		0.7

†; G= Genotipos; PO=Peso de olote; PM= Peso de mazorca; REN= Rendimiento de grano; DO= Diámetro de olote;
 GH= Granos por hilera; NH= Numero de hileras; DM= Diámetro de mazorca; LM= Longitud de mazorca;
 AP= Altura de planta. AM= Altura de mazorca.