

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ ANTONIO NARRO “

DIVISION DE AGRONOMIA

Evaluación de prepotencias en cruzas simples de bajo e identificación de híbridos
dobles superiores en maíz..

POR:

LUIS RAMON CADENAS RAMIREZ

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO
AGRONOMO EN LA ESPECIALIDAD DE HORTICULTURA.

APROBADA

El presidente del jurado

ING. M.C. Humberto de León Castillo

ING. M.C. Alfredo de la Rosa Loera
Sinodal

Ph.D. Froylan Rincon Sanchez
Sinodal

ING. M.C. Victor Reyes Salas
Suplente

El coordinador de la división de agronomía

ING. M.C. Mariano Flores Dávila

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Febrero de 1998

DEDICATORIA

A DIOS NUESTRO SEÑOR:

Que me dio la capacidad intelectual y el entusiasmo para obtener lo que ahora he logrado, haciendo de los obstaculos de la vida un grato momento de reflexión sobre los triunfos conquistados y por conquistar.

Con profundo Amor A MIS PADRES:

Sr. Urbano Cadenas Neri.

Sra. Columba Ramírez Mendez

A quienes debo la vida, quienes me formaron e inculcaron los principios de la superación sin importar condiciones limitantes... Quienes me enseñaron que las restricciones materiales son sólo una ilusión cuando en verdad se desea alcanzar una meta... Por despertar en mi la inquietud de buscar nuevos horizontes... Por quienes puse todo mi entusiasmo en alcanzar este logro... Que Dios los guarde siempre.

A MIS HERMANOS:

Alicia

Oscar

Jorge

Edith

A quienes quiero mucho por los lazos que nos unen y en gratitud por el apoyo y estímulo que siempre me han

brindado. Por su gran cariño y amor que me han demostrado, quienes de una u otra forma contribuyeron en mi preparación como profesionista.

A MIS ABUELOS PATERNOS Y MATERNOS (+) .

Con gran cariño y respeto; por sus bendiciones y oraciones.

A MIS TIOS Y PRIMOS

Por la confianza y apoyo que siempre me brindaron en todo momento sin importar privacías. Muy especialmente a mis primos **Xochitl Itzel Y Alexeir** por llevar toda la alegría del mundo a mi humilde hogar.

A la Familia: Cabrera Hernández

Sr. Gil Cabrera V.

Sra. Maria de Jesus Hernández U.

e Hijos.

Por haberme acogido en su seno como un miembro más de ella, quienes con su confianza hicieron agradable mi estancia en esta ciudad.

Y a alguien más.....

AGRADECIMIENTOS

Al **Ing. M.C. Humberto de León C.**, por concederme desinteresadamente gran parte de su valioso tiempo en el asesoramiento y supervisión del presente trabajo; así como su amistad incondicional que siempre me ha mostrado dentro y fuera de la Universidad; reconociendo su capacidad profesional y reiterándole mis más sinceras gracias.

Al **Dr. Froylan Rincón S.** por la revisión, aportaciones y sugerencias para la buena presentación de este trabajo, así como su amistad que me ofreció durante mi formación profesional.

Al **Ing. M.C. Alfredo de la Rosa L.** por su apoyo y amistad y ese ejemplo de entrega en el trabajo que me brindó desinteresadamente en mi formación profesional.

Al **Ing. M.C. Victor Reyes S.** por su amistad y su valiosa participación como miembro del jurado.

Al **Ing. Jose Valenzuela G.** por sus consejos y amistad que me ofreció desinteresadamente durante mi formación profesional.

A Ingenieros y Trabajadores del Instituto Mexicano del Maíz, por su amistad, que de alguna u otra forma contribuyeron en la realización del presente trabajo. Muy especialmente al Sr. Virgilio Flores Gaona.

A las Familias Cabrera Torres, Cabrera Reyes, Cabrera Medina, Ornelas Cabrera, De León Cabrera, Lopez Cabrera. Gracias por su amistad y comprensión. Especialmente al Sr. Jose Gil Cabrera Hernández.

A mis compañeros de generación, especialmente a Cesar Alejandro, Angel Gerardo, Maria Antonieta y Alicia por la amistad que siempre nos unió. A mis amigos trabajadores de la Biblioteca y el Comedor de la Universidad.

A mi **ALMA TERRA MATER**, por abrirme las puertas y darme todas las herramientas para enfrentar a la vida, así como la oportunidad de aprender los conocimientos transmitidos por todos sus excelentes maestros-investigadores.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma contribuyeron en mi formación profesional, en la realización de esta tesis y que involuntariamente han quedado omitidas, pero nunca olvidadas.

INDICE DE CONTENIDO

pagina

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

INDICE DE CUADROS

I. INTRODUCCION

Objetivos	3
Hipotesis	3

II. REVISION DE LITERATURA

Hibridación	4
Métodos de cruzamiento	9
Heterosis	10
Híbridos dobles	13
Métodos de predicción	16
Cruzas regresivas dobles	19
Cruzas regresivas simples	20
Cruzas de lineas hermanas	20
Desempeño, uniformidad, estabilidad, resistencia al acame y practicabilidad	20
Importancia de los híbridos dobles	25
Aptitud Combinatoria General	28
Probadores	35

III. MATERIALES Y METODOS

Material Genetico	39
Descripción del area de estudio	39
Metodologia previa a la evaluación	41

Descripción de las parcelas experimentales .	41
Recolección de datos	44
Análisis estadístico	48
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	54
V. CONCLUSIONES	76
VI. RESUMEN	
VII. BIBLIOGRAFIA	

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1	Características de las parcelas de cada una de las localidades de evaluación. ..	42
Cuadro 3.2	Estructura del análisis de varianza individual.	49
Cuadro 3.3	Estructura del análisis de varianza combinado.	52
Cuadro 4.1	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para rendimiento y otras características agronómicas de seis experimentos evaluados en Celaya, Gto. 1995.	55
Cuadro 4.2	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para rendimiento y otras características agronómicas de seis experimentos evaluados en Sandía El grande, N.L. 1995.	59
Cuadro 4.3	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza combinado para rendimiento de seis experimentos evaluados en dos ambientes Celaya, Gto. y Sandía El grande, N.L. 1995.	64
Cuadro 4.4	Mejores 30 híbridos dobles de seis experimentos del combinado en cuanto a rendimiento y otras características agronómicas evaluadas.	66
Cuadro 4.5	Rendimiento y otras características agronómicas de los mejores testigos por experimento a través de ambientes.	68
Cuadro 4.6	Prepotencia de rendimiento (ton/ha) y otras características en cruza simples	

estimadas en dos ambientes con mayor prepotencia.	71
Cuadro 4.7 Prepotencia de precocidad y demás características en cruzas simples estimadas en dos ambientes con menor número de días a floración macho.	72
Cuadro 4.8 Prepotencia en cruzas simples con menor altura de planta estimadas en dos ambientes.	73
Cuadro 4.9 Prepotencia en cruzas simples con mayor altura de planta estimadas en dos ambientes.	73
Cuadro 4.10 Prepotencia en cruzas simples con menor porcentaje de mazorcas podridas estimadas en dos ambientes.	75

I. INTRODUCCION

En México los híbridos que se siembran a gran escala comercial, son los híbridos dobles, por ser altamente rendidores y posee una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes, ofreciendo a los agricultores una aceptable seguridad en la producción.

Los híbridos simples, en contraparte, con los híbridos dobles no son usados con mucha frecuencia en forma comercial para la producción de grano y/o forraje, ya que resulta poco práctico realizar la siembra debido al tamaño reducido de la semilla y a la poca producción de semilla híbrida que poseen las líneas progenitoras; por lo que esta semilla es de un alto costo y su utilización se reduce solamente a la industria, ya que es aquí donde las características que estos poseen son demandadas, como es el alto grado de homosigosis en las líneas progenitoras. Como ejemplo se puede citar a la expansión del grano en el caso de maíz palomero, o el contenido de azúcares en maíz dulce.

En la parte intermedia se encuentra el uso de los híbridos triples, estos son más cultivados que los híbridos simples pero no más que los híbridos dobles. En éste último caso, generalmente se presentan dificultades en la producción de semilla durante su fase final de formación, es decir, cuando se realiza la cruce del híbrido simple con la tercera línea, por lo que es necesario adaptar a los progenitores para poder lograr su formación.

El Instituto Mexicano del Maíz (IMM) de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" en Buenavista, Saltillo, Coah. cuenta con un programa de mejoramiento genético para la obtención de híbridos de maíz, para la región del bajo mexicano. El programa de mejoramiento genético, consiste en la obtención de líneas y la formación de cruces simples con excelente capacidad de combinación para formar híbridos sobresalientes, las cuales son evaluadas a través de cruces con otros materiales en varios ambientes, y en base a los resultados formar los híbridos experimentales.

El presente trabajo es un fragmento de este programa de mejoramiento genético y consiste básicamente en la formación y evaluación de híbridos dobles experimentales así como la estimación de la aptitud combinatoria general de las cruces simples progenitoras bajo los siguientes:

Objetivos.

- Identificar híbridos dobles experimentales más sobresalientes que logren superar a los testigos utilizados en rendimiento y características agronómicas deseables.

- Obtener las cruzas simples con mayor prepotencia, para la variable rendimiento.

Las **hipotesis** del presente trabajo son:

- Dentro de los híbridos dobles experimentales formados existe amplia variación que permite la selección de los más sobresalientes que superan a los testigos utilizados en cuanto a rendimiento y características agronómicas deseables.

- Dentro de las cruzas simples utilizadas es posible identificar a un grupo de ellas que presenten prepotencia positiva, para la variable rendimiento.

II. REVISION DE LITERATURA

HIBRIDACIÓN;Error! Marcador no definido.

La hibridación es el acto de fecundar los gametos femeninos con gametos masculinos, procedente de otro individuo. La hibridación como sistema de cruzamientos en el mejoramiento en cultivos alógamos, se realiza bajo los siguientes objetivos:

- Explotar el vigor híbrido, la formación de ideotipos específicos para determinados ambientes.

- Provocar la variabilidad y selección de nuevos materiales que van a intervenir como progenitores en las cruzas.

- Obtener la cruz deseable de acuerdo a las exigencias del consumidor.

La metodología para lograr dichos objetivos, es a través de cruzamientos intervarietales e interespecificos y la utilización de líneas endogámicas de amplia aptitud combinatoria, es decir, los genotipos que intervienen en los diferentes cruzamientos híbridos que pueden ser: líneas, híbridos, variedades, especies, razas, clones. Es de considerar que el maíz híbrido, puede ser la primera

generación de una cruce entre líneas autofecundadas; entre línea por una cruce simple o la cruce entre dos híbridos simples.

Para la formación de híbridos superiores en maíz se requiere:

a) Obtención de líneas autofecundadas (polinización controlada).

b) Determinar cuales líneas producen combinaciones superiores.

c) Utilización comercial de las líneas y cruces para la producción de semilla híbrida.

En fitomejoramiento el propósito de la hibridación es reunir características deseables dispersas en varios progenitores, para desarrollar nuevas y mejores variedades de plantas.

En maíz, la hibridación es el sistema de mejoramiento más empleado. Schull (1908) fue el primero en sugerir la formación de híbridos de cruces simples a partir de líneas autofecundadas; posteriormente, Jones en 1918 propuso el método de cruces dobles para la producción de híbridos de maíz a nivel comercial.

Poehlman (1987), afirma que el maíz híbrido es la primera generación proveniente del cruzamiento artificial

de progenitores de diferente constitución genética, y es una característica que esta primera generación sea heterocigota para los genes en que difieren los progenitores.

Brauer (1978), Chavez y López (1987) menciona que el procedimiento clásico o estándar para la producción de híbridos consiste principalmente en la formación de líneas endocreadas para la fijación de caracteres deseados durante "n" generaciones, determinar que líneas producen combinaciones superiores y finalmente utilizar comercialmente las líneas y cruzas seleccionadas por sus mejores resultado productivos.

Cordova (1975), menciona que el éxito de un programa de formación de híbridos radica en coordinar eficientemente tres funciones: la variabilidad genética de los progenitores, una metodología eficiente y el criterio del fitomejorador para identificar genotipos superiores para lograr sus mejores combinaciones.

Robles (1983), menciona que el uso de híbridos de maíz tiene ventajas sobre otros materiales genéticos de polinización libre: por su mayor rendimiento de grano, uniformidad de altura, floración y maduración, plantas más cortas, mayor resistencia al acame, mazorca, y granos más sanos, mayor precocidad; y como desventajas: el uso intenso

de recursos costosos como maquinaria y agroquímicos, además se requiere de obtener semilla para cada ciclo productivo.

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz Y Trigo (CIMMYT, 1987) menciona que la hibridación es uno de los métodos de mejoramiento genético con mayor eficiencia en la producción de semilla de maíz, puesto que los resultados obtenidos en ciertas condiciones, 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 conocido como vigor híbrido o heterosis.

Del cruce de dos híbridos simples se obtiene un híbrido doble. Este posee una más amplia capacidad de adaptación al medio (suelo, clima, plagas, enfermedades, etc.) que el híbrido simple. La semilla para el híbrido doble se produce por la fecundación de dos plantas (híbridos simples) altamente productores de polen, lo que posibilita un abaratamiento en los costos de producción de semilla con relación al híbrido simple.

Desde que surgió la idea del maíz híbrido, se han obtenido millones de líneas autofecundadas, pero desgraciadamente muy pocas líneas han sido sobresalientes para intervenir en la producción de híbridos comerciales.

Todas las líneas puras de maíz desarrolladas hasta ahora son inferiores a las variedades de polinización libre, tanto en vigor como en rendimiento. Hasta que no se desarrollen en líneas decididamente más productivas, el uso final de las líneas puras se encuentran en la producción de híbridos o compuestos. Las mejores combinaciones híbridas de líneas seleccionadas dan incrementos substanciales en el rendimiento sobre las mejores variedades de polinización libre.

Otras características deseables, como la firmeza del tallo y raíces, la resistencia a enfermedades e insectos específicos, son ventajas que algunos híbridos poseen. No todos los híbridos son valiosos; algunos son mucho menos deseables que las variedades promedio de polinización.

Con el fin de desarrollar un híbrido satisfactorio, el fitomejorador del maíz debe efectuar y probar un gran número de cruzas entre sus líneas puras sobresalientes. Sin embargo, cuando se encuentran una combinación deseable, se espera que esta dé los mismos resultados cada vez que se cultive bajo las mismas condiciones ambientales.

MÉTODOS DE CRUZAMIENTO

Los híbridos pueden formarse por polinización manual o cultivando dos variedades en bloques alternados en una parcela aislada y desespigando, antes de que hayan esparcido polen, todas las plantas de la variedad en la que se va a producir la semilla.

Los híbridos experimentales que solo requieren pequeñas cantidades de semilla pueden hacerse por polinización manual. La siembra en surcos apareados son útiles para efectuar estos cruzamientos. El polen se toma de las plantas de un surco y se aplica en los estigmas de las plantas del otro surco. Obviamente la longitud de los surcos dependerá de la cantidad de semilla requerida.

HETEROSIS

La heterosis es el fenómeno inverso de la degradación que acompaña a la consanguinidad, siendo la superioridad la F_1 sobre las mejores características de sus progenitores.

La utilización e importancia de la heterosis, generalmente depende del incremento en el rendimiento, así como la adquisición de otras características agronómicas que se desean, como la facilidad para la hibridación y/o del bajo costo para la producción de semillas, de aquí que

la heterosis juegue un papel muy importante en el maíz híbrido.

Shull (1908) propuso el término heterosis para diferenciar a los organismos que tenían un efecto estimulante sobre las actividades fisiológicas, mismo que desaparecería rápidamente conforme la endogamia continua reducía la progenie a tipos homocigotes.

East (1908) amplió un poco más después la teoría de Shull al incluir series de alelos a un locus simple y concluyó que la heterosis es el aumento de heterocigotes en las plantas.

Hallauer y Miranda (1981) señala que el fenómeno de la heterosis ha sido explotado extensivamente en el mejoramiento del maíz; que la heterosis o vigor híbrido y la depresión endogamica son complementarias y que los dos fenómenos con frecuencia son observados en los mismos estudios. Explican que los métodos de mejoramiento en maíz han sido desarrollados durante el siglo veinte para aprovechar las ventajas de la manifestación de la heterosis en cruza de líneas puras.

Brauer (1978) señala que está demostrado que el cruzamiento entre variedades de genealogía bien distinta,

pueden dar origen a combinaciones con alto grado de heterosis medido por su rendimiento.

Poehlman (1979), indicó que los efectos del vigor híbrido se manifiestan en diversas formas. El mayor crecimiento y vigor son con frecuencia considerados como indicaciones de heterosis. Otras características que reflejan este carácter en el maíz, son las mazorcas más grandes, más hileras de grano por mazorca, mayor número de nudos por planta, más peso total por planta o un mayor rendimiento de grano.

Whaley (1944), señaló que originalmente la heterosis se refería al estímulo del desarrollo resultante, por cualquiera de los mecanismos, de la unión de gametos definidos.

Paterniani y Lonquist (1963), mencionan que la heterosis intervarietal depende generalmente de la habilidad productiva y de la diversidad genética utilizada en los cruzamientos.

Jugenheimer (1981), menciona que la heterosis es un fenómeno en el cual el cruzamiento de dos variedades producen un híbrido, con características (vigor) superiores a las de sus progenitores.

Elliot (1967), manifiesta que la mayoría de los investigadores están de acuerdo en que la heterosis es un fenómeno complejo de herencia cuantitativa, y que las características que muestran heterosis, generalmente son aquellas que son modificadas en alto grado por el medio.

HÍBRIDOS DOBLES

Por muchos años, las cruzas dobles (AXB)X(CXD), constituyeron el tipo de híbrido de uso más generalizado. La semilla de crusa doble se produce en plantas de crusa simple, las cuales son altamente productivas en semilla de calidad. Además, las plantas de crusa simple producen abundante polen. Esto hace posible una mayor proporción de surcos para producción de semilla o hembras con respecto a surcos productores de polen en los campos de cruzamiento. Además, las plantas de crusa simple soportan las condiciones adversas mucho mejor que las plantas de las líneas, reduciendo los riesgos en la producción de semilla. las cruzas dobles son ligeramente más variables en los caracteres de la planta y la mazorca que las cruzas simples o las de tres elementos, lo cual puede ser una ventaja cuando el cultivo se siembra bajo condiciones adversas.

Chávez y López (1987), señalan que las cruzas dobles son formadas a partir de cuatro líneas autofecundadas, es

decir es la progenie híbrida obtenida de una cruce entre dos cruces simples.

Para formar las cruces dobles se requiere de los siguientes pasos:

1er. paso. Formación de líneas autofecundadas homocigóticas uniformes.

2do. paso. Cruzamiento entre estas líneas en combinaciones que produzcan híbridos simples uniformes y productivos.

3er. paso. Cruzamiento entre las cruces simples en combinaciones que produzcan híbridos productivos de cruce doble.

Jones (1918), sugirió el cruzamiento entre dos cruces simples vigorosas para producir semilla de cruce doble. Debido a que esta semilla se cosecha de una planta productiva de una cruce simple, es más uniforme en tamaño y apariencia y se obtiene en mayor abundancia y con mayor economía que la semilla de las cruces simples que se cosecha de una planta autofecundada.

Gardner (1982), indicó que las cruces dobles no mejoran el vigor híbrido más allá del que confiere la cruce simple; su principal mérito es el de producir plantas uniformes y vigorosa para la producción de semillas,

reduciendo así el costo de las semillas comerciales.

Mayo (1980), asentó que existen dos explicaciones para usar las cruzas dobles: la primera es la de mayor producción de semillas; la segunda es que las interacciones del genotipo con el medio ambiente pueden suprimirse por la combinación de genotipos que se obtiene.

Cortez (1982), indicó que los métodos secuenciales de obtención de líneas endocriadas, cruzas de prueba, (mestizos), predicción de cruzas dobles y evaluación de generaciones tempranas fueron efectivas para la obtención de híbridos dobles.

Jones (1918,1922) propuso la utilización de líneas puras en combinaciones de crusa doble. Este procedimiento eliminó el costo excesivo de la semilla como un importante factor de la producción.

La mayoría de los investigadores en el mejoramiento de maíz coinciden en que, con las líneas puras actuales, la crusa doble es el híbrido de maíz producido más económicamente en el campo.

MÉTODOS DE PREDICCIÓN

En la actualidad es posible predecir cruzas triples y cruzas dobles, esto se puede obtener tomando en cuenta el comportamiento promedio del rendimiento que es el de mayor importancia y de otras características de las cruzas simples de progenitores, así como la aptitud combinatoria que juega un papel de importancia en dichas predicciones.

López (1986) para la predicción de cruzas triples y cruzas dobles, en cuanto a rendimiento y demás características agronómicas, utilizó un cuadro de cruzas dialelicas el cual es un método que facilita dicha labor, que es de mucha confiabilidad y no representa un manejo complicado.

Jenkins (1934) informó sobre la eficiencia relativa de cuatro métodos para predecir el desempeño de híbridos de crusa doble. Los caracteres estudiados fueron las hojas chamuscadas, la altura de la mazorca, las plantas erectas al cosechar, el contenido de humedad del grano, el porcentaje de grano y el rendimiento de grano por acre.

Los cuatro métodos de predicción usados por Jenkins fueron:

A: El valor promedio para cualquier carácter de las seis posibles combinaciones de crusa simple entre cuatro líneas puras.

B: El valor de la media de cuatro cruzas simples no paternas entre cuatro líneas puras.

C: El valor de la media de todas las cruzas simples en las cuales una línea pura fue uno de los progenitores.

D: El valor de la media de los mestizos o cruzas radiales para cualesquier grupo de cuatro líneas puras dadas.

El Método B tiene la base genética más firme y proporciona información sobre el desempeño de las tres posibles combinaciones de cruce doble que incluyan cuatro líneas puras. Jenkins (1934), señaló que en cualquier cruce doble, los genes de cada una de las cuatro líneas están unidos con los alelomorfos de las dos líneas que intervinieron en la cruce doble del progenitor opuesto.

Las correlaciones positivas para el rendimiento de grano de los métodos A,B,C y D fueron $r = 0.75$, $r = 0.76$, $r = 0.73$ y $r = 0.61$ respectivamente. Una correlación de $r = 0.39$ fue estadísticamente significativa. (Jugenheimer, 1987).

Sprague (1955) señaló que los métodos A,C y D suponen una acción génica aditiva, i.e., que un gene aportado por cualquier línea producirá su efecto característico sin importar el orden de apareamiento. El método B permite el

reconocimiento de efectos no aditivos que se originan de la dominancia, la epistasis, etc.

Jugenheimer (1984), nos habla, en lo que respecta a la predicción de híbridos de cruzas dobles de una eficiencia relativa que se puede obtener mediante cuatro métodos, propuestos por Jenkins (1934), siendo el B el mejor ya que cuenta con base genética de más firmeza y proporciona información sobre el desempeño de las tres posibles combinaciones de cruzas dobles que incluyen cuatro líneas puras.

Otsuka *et al.*, (1972), encontraron que de acuerdo a los métodos propuestos por Jenkins (1934) para las predicciones, B y C mostraron diferencias mínimas y recomiendan el desarrollo de cruzas simples apropiadas y predecir todas las cruzas dobles y cruzas triples de interés, utilizando el método B ya que con este se obtiene una predicción óptima y de mayor eficiencia.

Eberhart *et al.*, (1964) informaron sobre predicciones de híbridos de crusa doble cuando está presente la epistasis.

Allard (1967) menciona que la utilización del comportamiento de cruzamientos simples para predecir el de

los cruzamientos dobles se ha convertido en un procedimiento típico en la mejora.

Hallauer y López (1979) señalan que el objetivo general de la prueba temprana parece ser válido puesto que su único propósito es identificar aquellas líneas que son relativamente buenas (o malas) y así dar énfasis a la selección en las que se encuentran arriba de la Aptitud Combinatoria general promedio.

CRUZAS REGRESIVAS DOBLES

En la actualidad los híbridos de cruzas regresivas dobles, $((A \times B) \times A) \times ((C \times D) \times C)$, no se utilizan mucho, ya que su producción es demasiada complicada y costosa. Sin embargo, pueden tener un desempeño excelente y dar razonable uniformidad a la planta y la mazorca.

CRUZAS REGRESIVAS SIMPLES

Los híbridos de cruzas regresivas simples, $(A \times B) \times ((C \times D) \times C)$, pueden desempeñarse extraordinariamente bien, contribuir a la uniformidad de la planta y la mazorca y ser muy práctico de producir, siempre y cuando la semilla se cultive con un progenitor de cruza simple vigoroso.

CRUZAS DE LÍNEAS HERMANAS

Las cruzas de líneas hermanas (AxA') X (BxB') son combinaciones entre sublíneas de la misma línea pura. Algunas cruzas entre sublíneas tienen rendimiento, vigor y resistencia al acame considerablemente más elevados que la línea pura original, y son prácticas para la producción de semilla de híbridos comerciales.

Arnold y Jenkins (1932) informaron sobre la variabilidad relativa de los híbridos y de las variedades de polinización libre. Encontraron que las variedades de polinización libre fueron más variables que los híbridos, que las cruzas simples que fueron más uniformes y que las cruzas dobles y mestizos fueron aproximadamente intermedias en variabilidad.

Jugenheimer (1936) comparó líneas puras en cruzas radiales o mestizos, de tres elementos y dobles. Los rendimientos de los híbridos expresados en porcentajes de las variedades de polinización libre promediaron: cruzas radiales, 114.6 bushel/acre; cruzas dobles, 125.9 bushel/acre; y cruzas de tres elementos, 128.1. bushel/acre

Jugenheimer (1959) estudió el desempeño y la uniformidad relativos de las características de la planta y la mazorca de varios tipos de híbridos. Se combinaron cuatro líneas puras, cruzas de tres elementos, 12 cruzas

regresivas simples, 12 cruzas regresivas dobles, tres cruzas dobles y seis cruzas radiales.

Las líneas puras teóricamente homocigóticas fueron más variables que los híbridos en cuanto a: peso de la mazorca, longitud de la mazorca y altura de la mazorca, los cuales son rasgos considerablemente influidos por el medio ambiente. Las líneas puras fueron uniformes en el número de hileras de granos por mazorca, un rasgo que está determinado principalmente por factores genéticos y afectado muy poco por el medio ambiente.

Los rendimientos más elevados y la mayor uniformidad se obtuvieron de los híbridos de cruza simple, de cruza de tres elementos, de cruza regresiva simple y de cruza regresiva. Los híbridos de cruza simple tuvieron un rendimiento ligeramente mayor y fueron más uniformes que otros tipos de híbridos.

Las cruzas dobles y las radiales tuvieron un rendimiento considerablemente más bajo y fueron más variables en los rasgos de la planta y la mazorca que los otros tipos de híbridos.

Weatherspoon (1970) evaluó los rendimientos de cruzas simples, de tres elementos y dobles de maíz. Algunas cruzas

simples parecieron ser más sensibles a las condiciones ambientales que las de tres elementos y las dobles.

Eberhart y Russell (1969) compararon la estabilidad de los híbridos de cruce simple y los de cruce doble. Se identificaron dos cruces simples, tan estables como cualquiera de las cruces dobles. Estas dos cruces simples superaron un rendimiento a las cuatro cruces dobles comerciales en 13 %. Ya que todos los tipos de acción génica parecieron estar involucrados en la estabilidad. Las cruces simples potencialmente útiles deben evaluarse en un amplio rango de condiciones ambientales para identificar las cruces simples estables y de elevado rendimiento para liberarlas comercialmente.

Jugenheimer, Williams y Harrison (1960) y Dass (1966) dieron a conocer datos sobre un grupo de líneas puras e híbridos que comprendieron sublíneas de las mismas líneas. Se compararon los desempeños de líneas puras estándar y de cruces entre líneas hermanas.

Algunas cruces entre líneas probaron ser superiores a las cruces simples estándar en rendimiento de grano y en otros rasgos agronómicos. La uniformidad en la altura de la mazorca y en el peso de la mazorca fue similar para la cruce simple y la cruce entre líneas hermanas.

El uso más generalizado de cruzas simples y de muchos tipos de cruzas especiales improvisadas indudablemente proseguirá conforme se exploten los beneficios extras de la acción génica aditiva.

Los híbridos específicos de cualquier tipo pueden diferir en estabilidad y en resistencia al acame. Prescindiendo del medio o del tipo de germoplasma, se deberá evaluar cada híbrido bajo regímenes ambientales y de cultivo diferentes (Whitehead, 1966).

Hill (1971) informó sobre el efecto de número de progenitores sobre la media y la varianza de variedades sintéticas, encontró que:

1.- La selección entre híbridos experimentales o sintéticas aprovecha mejor la varianza cuando el número de progenitores por variedad experimental es pequeño.

2.- Los híbridos hacen un uso ligeramente más eficiente de la varianza genética no aditiva que las sintéticas con un número comparado de progenitores. La mayor parte de las ventajas de los híbridos se pierde en la generación F_2 o sucesivas.

3.- La mayor parte del progreso en el desarrollo de un medio para los sintéticos de amplia base genética es el resultado de la selección de progenitores y se esperaría muy poca ganancia adicional por la selección, entre medios para combinaciones de base amplia, de progenitores

seleccionados.

IMPORTANCIA DE LOS HÍBRIDOS DOBLES

Schull (1909) fué el primero que sugirió el método de mejora de maíz con líneas puras, basado en las líneas puras obtenidas por autofecundación prolongada y la utilización de los híbridos F_1 entre estas líneas puras para la producción de la cosecha comercial. Propuso utilizar híbridos simples para la siembra comercial, fabricando estos híbridos entre pares de líneas puras seleccionadas por su mejor aptitud combinatoria.

Este plan no condujo a la utilización extensiva de las variedades híbridas por varias razones: primero, no se disponía de líneas puras que fueran capaces para producir híbridos suficientemente superiores en calidad que las mejores variedades de polinización abierta para que resultasen atractivas para los agricultores; Segundo, la semilla híbrida tenía un alto costo porque el genitor femenino era una línea pura poco productiva y la tercera parte o la mitad del campo estaba ocupada por el genitor masculino lo que reducía más el rendimiento de semilla por hectárea. La tercera razón, las semillas híbridas F_1 eran pequeñas y con frecuencia deformadas, debido a lo cual se tuvieron dificultades con las máquinas sembradoras y también mala germinación.

Jones (1918) sugirió el híbrido doble lo que hizo posible la utilización económica de los maíces híbridos. Un híbrido doble es la F_1 de dos híbridos simples. Así, A,B,C y D representan líneas puras. Uno de los híbridos simples puede estar representado por $A \times B$ y uno de los posibles híbridos dobles por $(A \times B) (C \times D)$.

En la zona del cultivo del maíz la aceptación de los híbridos fue tan grande que las variedades de polinización abierta desaparecieron virtualmente. Correspondiendo a este aumento en la superficie sembrada de híbridos, el rendimiento por hectárea aumentó notablemente. En los estados americanos en que se cultiva maíz, este aumento se estimó en un 20%.

Wellhausen (1960) menciona que con el propósito de satisfacer la demanda de la semilla mejorada en forma rápida, la Oficina de Estudios Especiales (O.E.E.), modificó un poco los procedimientos para la obtención de híbridos de maíz. Por ejemplo, las líneas "A1" fueron puestas en uso de varias maneras; una de ellas fue su cruzamiento con variedades para formar mestizos que muy pronto fueron reemplazados por las cruza dobles formadas totalmente con líneas "A1", los cuales fueron distribuidos comercialmente por la Comisión Nacional del Maíz en 1950; estos primeros híbridos fueron denominados como H-215, H-309 para el bajío y H-1 para la mesa central.

Jugenheimer (1985), menciona que el maíz se cultivó a nivel mundial en más de 104 millones de hectáreas. En 1970 los países con las mayores superficies dedicadas al cultivo del maíz fueron Estados Unidos, Brasil, México, Sudáfrica, India, URSS, Argentina, Rumania, Indonesia y Filipinas.

Las cruzas dobles son ligeramente más variables en los caracteres de la planta y la mazorca que las cruzas simples o las de tres elementos, lo cual puede ser una ventaja cuando el cultivo se siembre bajo condiciones adversas.

Allard (1985), indica que se comprende que la obtención del híbrido doble de maíz fue una de las consecuencias más importantes en la historia de la agricultura.

Jugenheimer (1987), el esfuerzo para desarrollar híbridos adaptados a estaciones de crecimiento de duración variable ha dado como resultado la expansión de la producción en muchas regiones.

APTITUD COMBINATORIA GENERAL

Genéricamente el término aptitud combinatoria (AC) significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, dicha capacidad medida por medio de su progenie. Sin embargo, para que la aptitud

combinatoria tenga sentido en el contexto genotécnico debe determinarse no en un solo individuo de la población sino en varios, a fin de poder realizar selección de aquellas que exhiban la más alta.

Sprague y Tatum (1942) emplean los términos aptitud combinatoria general (ACG) como el comportamiento de una línea en combinaciones híbridas y aptitud combinatoria específica ACE como el rendimiento relativo de cada cruce específica y usan el diseño dialélico para estimarlas. Ellos usaron líneas homocigóticas cruzadas en todas las formas posibles (si n es el número de líneas, se tienen $n(n-1)/2$ cruces posibles), y dichas cruces se comparan mediante experimentos de campo.

Como Sprague y Tatum (1942) usaron líneas homocigóticas es fácil visualizar y comprender el término ACG. Como hemos dicho, cuando se trata de líneas homocigóticas cada una de ellas es una fuente conceptual de gametos de manera que al cruzar cada una de ellas con el resto ($n-1$), de hecho el gameto particular que una de ellas produce se estará uniendo con los diferentes gametos que provienen de otras líneas, es decir, estamos cruzando a una línea con una "fuente" heterogénea de gametos entendido por tal el conglomerado o "pool" gamético proveniente de las otras $n-1$ líneas. Mediante deducciones genético-estadísticas usando los datos de las cruces simples así

obtenidas, se estima, para cada línea, su aptitud combinatoria general.

La aptitud combinatoria general es el desempeño promedio de una línea pura en algunas combinaciones híbridas. La ACG proporciona información sobre que líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. Debido a su heterogeneidad, las variedades de polinización libre y los sintéticos generalmente se usan para determinar la aptitud combinatoria general.

Brauer (1983) señala que la prueba de aptitud combinatoria es definitivamente la que determina el valor de las líneas para utilizarlas como progenitores en los híbridos comerciales. Además, agrega que cuando se desea encontrar líneas que combinen muy bien con materiales sobresalientes de un programa, la prueba de aptitud combinatoria específica puede hacerse evaluando las F_1 de un cruzamiento de las líneas con una línea buena, o bien, con un cruzamiento simple de alto valor genético.

Beard (1940) y Sprague y Tatum (1942) proporcionaron evidencia experimental sobre la aptitud combinatoria general en comparación con la específica. Estos investigadores dividieron la acción génica relacionada con la aptitud combinatoria general y específica. Supusieron

que la aptitud combinatoria general era el resultado de la acción génica aditiva, mientras que la aptitud combinatoria específica dependía de la dominancia, la epistasis y de las interacciones genotipo-ambiente o genético-ambientales.

Por otra parte, Robles (1981), menciona que la aptitud combinatoria general se puede evaluar en los primeros ciclos de autofecundación, razón por la cual se le ha designado como "prueba temprana de las líneas".

Jenkins (1935) citado por Allard (1967), mostró que las líneas autofecundadas expresan su individualidad en cuanto a aptitud combinatoria al principio del proceso de autofecundación y las plantas que tienen en potencia una gran aptitud combinatoria pueden identificarse mediante "top-crosses" en el momento de la primera autofecundación. Esta primera generación de líneas autofecundadas de elevada aptitud combinatoria puede tener rendimiento del 75% del de las variedades de polinización abierta, mientras que las líneas puras homocigóticas producen solamente del 25 al 40% del rendimiento de las variedades de polinización abierta.

Hallauer y Eberhart (1966) y Hallauer y Sears (1968) evaluaron el rendimiento de variedades sintéticas de maíz. Cruzaron los diferentes sintéticos en una serie dialéctica y las evaluaron en tres localidades en cada uno de dos años. En relación con el progenitor medio y el superior, la

heterosis promedio de todas las cruzas fue de 9.8 y 4.2%, respectivamente. El mejor sintético tuvo una heterosis observada de 24.1% respecto al progenitor medio.

Existen diferentes métodos para la estimación de la Aptitud Combinatoria General. En maíz, se ha estimado mediante la prueba de mestizos, el empleo de cruzas dialélicas y el comportamiento de líneas *per-se*. También se ha estimado mediante el promedio de los híbridos resultante con varias líneas.

Griffing (1956) señala que el concepto de Aptitud combinatoria ha tomado gran importancia en el mejoramiento de plantas y animales, y es especialmente utilizado en unión de procedimientos de evaluación de los cuales se desea estudiar y comparar el comportamiento de líneas en combinaciones híbridas.

Lonnquist (1968) menciona que la Aptitud Combinatoria puede referirse a cualquier carácter, pero en cereales se aplica al rendimiento de grano, una vez identificadas las líneas de mayor Aptitud Combinatoria General se cruzan entre sí para finalmente seleccionar el híbrido de mayor Aptitud Combinatoria Especifica.

En Estados Unidos, la experiencia ha demostrado que un progenitor masculino con elevada Aptitud Combinatoria

produce híbridos con alto rendimiento con todos los progenitores masculinos que se utilizan. Por este motivo, es posible y práctico seleccionar progenitores masculinos empleando un progenitor femenino y viceversa.

Los conceptos de ACG y ACE han sido utilizados para caracterizar líneas en cruzas y frecuentemente fueron dos de las características más importantes incluidas en la descripción o valoración de una línea.

En los últimos años se ha dado importancia a la estimación de la ACG de cruzas simples, principalmente porque en México la semilla híbrida que se utiliza, en su gran mayoría corresponde a híbridos dobles y trilineales.

Schull y East (1909) realizaron las primeras investigaciones de fitomejoramiento con hibridación, las que consistieron primordialmente en la obtención de líneas puras a base de autofecundaciones y su cruzamiento para formar los primeros híbridos en maíz.

El material original fueron variedades de polinización libre seleccionadas *per-se* y por su comportamiento en cruzas dialélicas con excelente aptitud combinatoria general y específica.

Si ahora imaginamos que de una población o variedad

original (VO) hemos extraído gran cantidad de líneas y que con ellas hacemos también un diseño dialélico, entonces de hecho el cruzamiento de cada línea con el resto es lo mismo que cruzarla con la variedad original misma, puesto que está constituida prácticamente con todas las líneas que hemos derivado; en este momento es cuando la ACG adquiere otra significación práctica en su determinación, siendo la cruce de una línea con la variedad original de la cual se deriva "población probadora" o simplemente "probador". Se dice que se usa un probador de base genética amplia (heterogénea) para determinar la ACG.

Posteriormente, como no siempre se usan líneas homocigóticas en el mejoramiento genético por hibridación, siendo parcialmente autofecundadas e inclusive variedades mismas de polinización libre, el concepto anterior se ha ido ampliando a cualquier tipo de poblaciones a los que se desee determinar su ACG; Sin embargo, en estos casos, en realidad se está determinando su ACG promedio, pues conceptualmente cada una de estas poblaciones se puede considerar como una mezcla de líneas homocigóticas, tantas como gametos diferentes produzca al cruzarse con el probador del caso.

PROBADORES

En cualquier programa de mejoramiento, el desarrollo y selección de líneas superiores que tengan un buen comportamiento *per-se* y en combinaciones híbridas son los principales factores para lograr el éxito, estos factores involucran un uso eficiente de los métodos de evaluación para descartar o separar líneas en generaciones tempranas, determinando su uso potencial, identificando y descartando las líneas que no tengan características adecuadas para ser utilizadas. Los probadores juegan un papel muy importante para poder lograr lo anterior, por lo que se deben elegir adecuadamente.

Chávez y López (1987), definen un probador como: cualquier material genético que permite medir la aptitud combinatoria de un grupo de líneas con el cual se cruza y afirman que la aptitud combinatoria general se puede evaluar mediante el uso de un probador de amplia variabilidad genética.

Matzinger (1953), menciona que el mejor probador es el que se puede usar fácilmente y con el cual se obtiene la máxima información del material evaluado.

Por otro lado, López (1986) concluye que el probador debe ser una línea no emparentada con las líneas bajo selección.

Hull (1945) opinó que los probadores de base genética reducida (lineal) son más efectivas, porque consideraba que los efectos de sobredominancia son más importantes que los efectos aditivos en la depresión de la heterosis.

Hallauer (1975) experimentó con varios tipos de probadores concluyendo que los más idóneos son los que tienen simplicidad en su uso, y de base genética reducida (líneas o híbridos simples), ya que permiten la obtención de híbridos y sintéticos de aprovechamiento inmediato, sin haber llegado a aptitud combinatoria específica.

Allison y Curnow (1986), definieron el mejor probador como aquel que maximice la media de rendimiento esperada de un apareamiento de genotipos seleccionados de una población de apareamiento aleatorio.

López (1986) señala que la selección del mejor probador se basa en los diferentes estados de desarrollo de un programa de mejoramiento, así como la disponibilidad de estos, tipo de material bajo prueba, y en el tipo de híbridos para los cuales van a usarse las líneas bajo prueba. Menciona también que en la mayoría de los casos, los tipos de probadores que se usan han surgido empíricamente.

Horner *et al.*, (1972) señalan que donde se utiliza

comercialmente los híbridos dobles, se puede utilizar un probador de cruza simple de manera que la semilla resultante del mestizo pueda ser utilizada e incorporada rápidamente a la producción comercial.

Bear (1940) citó que una cruza simple bastante heterótica pueda ser un buen probador.

Matzinger (1953), define a un probador deseable como uno que combine la facilidad en su uso con la máxima información sobre el comportamiento esperado de las líneas evaluadas cuando son usadas en otras combinaciones o sembradas en otros ambientes.

Russell (1961) define a un probador ideal como aquel que expresa la mayor diferencia genética entre cruzas de prueba.

Allard (1975), asentó que no existe un probador que cumpla con todos los requisitos para todas las circunstancias, puesto que el valor de un probador viene determinado en gran parte por el uso que debe hacerse de cierto número de líneas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL GENETICO

Se utilizaron 58 cruzas simples normales de excelente porte agrónomico. Las cruzas simples se cruzaron entre ellas, asegurandose que cada una se cruzara con al menos cinco híbridos simples diferentes dando un total de 270 híbridos dobles. Las cruzas de prueba se ensayaron con

cinco testigos perfectamente elegidos, y se subdividieron en seis experimentos unicamente para minimizar la varianza ambiental y tener una mejor evaluación. Estos experimentos se evaluaron en las localidades de Celaya, Gto. y Sandia el grande, N.L.

DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en las localidades de Celaya, Guanajuato y Sandia El Grande, Nuevo León durante el ciclo primavera - verano de 1995, los cuales tienen una gran diferencia en cuanto a factores climáticos, edáficos, entre otros. La primera localidad cuenta con mejores atributos como por ejemplo mejor calidad de suelos y clima más favorable, en la cual se originaron las líneas, que dieron origen a los híbridos evaluados. A continuación se dará una breve descripción de las áreas utilizadas.

CARACTERÍSTICAS DE CELAYA GTO.

Esta localidad se encuentra situada dentro del municipio de Celaya, Gto. Se considera una localidad representativa de la región del bajío mexicano muy importante para las actividades agrícolas, y siendo así, se ha utilizado como área para un sin fin de evaluaciones en lo que consta al cultivo del maíz, esto para aportar una

alternativa más al productor de la región. Esta región se encuentra localizada a 20° 31' latitud norte, y a los 100° 49' longitud oeste y una altitud de 1800 msnm. Las condiciones climatológicas que predominan en la región son: Temperatura media anual de 18°C y una precipitación media anual de 683 mm.

CARACTERÍSTICAS DE SANDIA EL GRANDE N.L.

Se considera que esta localidad cuenta con características climáticas adversas, por lo que se ha utilizado para evaluar materiales del Instituto Mexicano del Maíz, que comparado con otros climas, ha servido para poder hacer selección. Esta región se encuentra ubicada a los 24° 12' latitud norte y a los 100° 5' longitud oeste, se localiza a una altitud de 1590 msnm, la Temperatura media anual es de 18.3°C, y cuenta con una precipitación media anual de 300 mm.

METODOLOGÍA PREVIA A LA EVALUACIÓN

La siembra de los experimentos en cada localidad se realizó de manera independiente; estableciéndose la fecha de siembra para cada localidad de acuerdo a las condiciones que presenta cada una de ellas y a las recomendaciones técnicas establecidas por la Secretaría de Agricultura,

Ganadería y Desarrollo Rural (SAGDR) y el Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil" (IMM).

DESCRIPCIÓN DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES

La distribución de las parcelas experimentales se realizó bajo el diseño de bloques al azar, para cada una de las localidades donde se estableció el experimento.

Las siembras se realizaron a tierra venida utilizando hilos, alambres, estacas y sembradores manuales depositando dos semillas por golpe, para que después se hiciera un aclareo respectivo.

Los datos resumidos se presentan en el cuadro 3.1

Cuadro 3.1 Características de las parcelas de cada una de las localidades de evaluación.

LOCALIDAD	CELAYA, GTO.	SANDIA, N.L.
FECHA DE SIEMBRA	20-mayo-1995	16-mayo-1995
DISEÑO ESTADÍSTICO	BLOQUES AL AZAR	BLOQUES AL AZAR
NUMERO DE SURCOS	1	1
LONGITUD DE SURCOS	4.4 m	4.4 m
DISTANCIA ENTRE SURCOS	.75 m	.75 m
MATAS POR SURCO	21	21
A. P. U.	3.3 m ²	3.3 m ²
DISTANCIA ENTRE PLANTAS	.22 m	.22 m
PLANTAS POR MATAS		
EN SIEMBRA	2	2
AL ACLAREO	1	1
FERTILIZACIÓN	190-80-00	190-80-00

A.P.U. = Area de parcela util

FERTILIZACIÓN

La fertilización se realizó utilizando una dosis de 190 - 80 - 00 de Urea como fuente de nitrógeno y como fuente de fósforo el superfosfato de amonio. Las cantidades de fertilizante de estos nutrientes, se distribuyeron de la siguiente forma en el terreno.

Al momento de la siembra se aplicó el 50% del Nitrógeno que demanda la formula establecida y toda la cantidad de fósforo; el otro 50% de Nitrógeno se aplicó al momento de realizar el primer cultivo. Esta labor se realizó manualmente.

RIEGOS

Se aplicaron con agua rodada durante el desarrollo del cultivo. El número de riegos estuvo sujeto a la precipitación en cada localidad y en su caso fueron aplicados en base a las necesidades del cultivo y a las condiciones climatológicas y edáficas.

LABORES CULTURALES

Las labores culturales para cada una de las localidades se realizaron durante todo el ciclo vegetativo

del cultivo y en el momento oportuno, dando prioridad a las primeras etapas de crecimiento y desarrollo de tal manera que se mantuvo libre de malezas al cultivo y se realizaron con el equipo requerido para dichas actividades.

RECOLECCIÓN DE DATOS

DÍAS A FLORACIÓN

Los días a floración para el caso de la flor femenina, se tomaron en cuenta los días transcurridos a partir de la fecha de siembra hasta el momento en que más del 50% de la parcela experimental presentaba estigmas receptivos; para el caso de la flor masculina, se determinó en base a los días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela experimental se encontraba con anteras dehiscentes.

ALTURA DE PLANTA

Es la medida que comprende la distancia entre la base del tallo y la hoja bandera o base de la espiga, esta se determinó en base al promedio de 10 plantas tomadas al azar.

ALTURA DE MAZORCA

Este dato corresponde a la media que comprende la distancia entre la base de la planta y el nudo de la mazorca principal; esta medida se basó en el promedio de 10 plantas de la parcela experimental.

ACAME DE RAIZ

Este dato se expresa en porcentaje en base al número de plantas de la parcela experimental y en relación a las plantas que muestran una inclinación mayor a los 30° con respecto a la vertical de la planta.

ACAME DE TALLO

El acame de tallo se determinó en base al número de plantas que presentaron el tallo quebrado por debajo de la mazorca principal en base al total de plantas de la parcela, expresandose este en porcentaje.

MALA COBERTURA

Tambien se expresa en porcentaje, tomenadose en cuenta el número de mazorcas que no se encuentran cubiertas completamente por las brácteas o "totomoxtle" en relación al total de las mazorcas cosechadas de la parcela util.

MAZORCAS PODRIDAS

Esta característica se expresó en porcentaje en base al número de mazorcas cosechadas y se tomó como mazorca podrida aquella que presentaba más de un diez por ciento de pudrición.

RENDIMIENTO

Para obtener este dato, se calculó multiplicando el peso seco de la mazorca de cada parcela por el factor de conversión a toneladas por hectárea al 15.5% de humedad.

PESO DE CAMPO

El peso de campo (PC) se determina en base al peso que posee el maíz en mazorca al momento en que se realiza la cosecha en kg.

El peso de campo se expresó a peso seco (PS) usando la siguiente formula: $PS = (1 - \%H) \times PC$

Donde:

$\% H$ = Porcentaje de humedad.

PC = Peso de campo.

FACTOR DE CONVERSIÓN

El factor de conversión es utilizado para transformar el rendimiento de mazorca en toneladas por unidad de superficie al 15.5 % de humedad de todos los tratamientos, determinándose con la siguiente ecuación:

$$FC = \frac{10,000m^2}{APU \times 0.845 \times 1000}$$

Donde:

FC = factor de conversión para expresar el rendimiento en toneladas por hectárea de mazorca al 15.5 por ciento de humedad.

A.P.U. = Área de parcela útil. Es el producto de la distancia entre surcos por la distancia entre plantas por el número correcto de plantas por parcela útil.

0.845 = Constante para obtener el rendimiento en kilogramos por hectárea al 15.5 por ciento de humedad.

1000 = Coeficiente para obtener el rendimiento en ton/ha.

Posteriormente ya obtenido el rendimiento en ton/ha correcto se procede a realizar los análisis de varianza correspondientes.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se evaluaron seis experimentos, cada uno estuvo formado por 45 tratamientos mas cinco testigos, dando un total de 50 parcelas experimentales con dos repeticiones por tratamiento y dos localidades.

Los análisis de varianza se hicieron para las características de días a flor masculina, días a flor femenina, altura de planta, altura de mazorca y rendimiento características evaluadas para determinar si existen diferencias significativas.

El modelo lineal utilizado para obtener el análisis de varianza individual fue el de bloques al azar dado por:

$$\gamma_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2 \dots \dots \dots t$ (repetición)

$j = 1, 2 \dots \dots \dots r$ (tratamiento)

γ_{ij} = Observaciones del tratamiento " j " en la repetición " i ".

μ = Efecto de la media general del experimento

β_i = Efecto de la repetición " i "

τ_j = Efecto del tratamiento " j "

ϵ_{ij} = Efecto aleatorio de la interacción del tratamiento "j" en la repetición "i" que es equivalente al error experimental.

Cuadro 3.2 Estructura del análisis de varianza individual.

F.V.	G.L.	Sc	CM	Fc
Rep.	r-1	Scr	CM3	CM3/CM1
Trat.	t-1	Sct	CM2	CM2/CM1
Error Exp.	(t-1) (r-1)	Sce	CM1	
Total	tr-1	Sctot		

Para determinar la confiabilidad de los datos obtenidos para los análisis de varianza, se estimó el coeficiente de variación (C.V.) mediante la siguiente formula:

$$CV = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

C.V. = Coeficiente de variación expresado en porcentaje.

CMEE = Cuadrado medio del error experimental.

\bar{X} = Media general.

100 = Unidad para obtener el valor en porcentaje.

Se realizaron comparaciones entre medias para cada una de las características estudiadas en cada localidad

mediante la Diferencia Mínima significativa (D.M.S.)
obtenida mediante la siguiente formula:

$$DMS = (0.05) = t_{\alpha} / 2glee \left[\sqrt{\frac{2CMEE}{r}} \right]$$

Donde:

t_{α} (Gle) = Valor de "t" a un valor de probabilidad α
y los grados de libertad del error experimental.

CMEE = Cuadrado medio del error.

r = Número de repeticiones

ANÁLISIS DE VARIANZA COMBINADO

Debido a que el experimento fue evaluado en dos ambientes diferentes se tuvo la necesidad de realizar un análisis de varianza combinado entre localidades para facilitar y hacer selección de las cruzas experimentales de una forma más eficiente.

El modelo lineal para el analisis de varianza combinado en bloques al azar es el siguiente:

$$\gamma_{ijk} = \mu + \iota_i + \beta_j (\iota_j) + \tau_k + (\iota\tau_{ik}) + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

γ_{ijk} = Observación del k -ésimo tratamiento dentro de la j -ésima repetición en la i -ésima localidad.

μ = Efecto de la media general del experimento.

τ_k = Efecto de k -ésimo tratamiento.

$\beta_j(\tau_i)$ = Efecto de la j -ésima repetición dentro de la i -ésima localidad.

τ_i = Efecto de la i -ésima localidad.

τ_{ik} = Efecto de la interacción de la i -ésima localidad con el k -ésimo tratamiento.

ε_{ijk} = Efecto del error experimental ijk -ésima observación.

$k = 1, 2, \dots, t$ (tratamiento).

$j = 1, 2, \dots, r$ (repetición).

$i = 1, 2, \dots, l$ (localidad).

Cuadro 3.3 Estructura del análisis de varianza combinado.

F.V.	Gl	Sc	CM	Fc
Loc	$l-1$	S_{cl}	CM5	CM5/CM4
Rep/loc	$(r-1)l$	$S_{cr/l}$	CM4	
Trat.	$t-1$	S_{ct}	CM3	CM3/CM1
Trat xloc	$(t-1)(L-1)$	S_{ctxL}	CM2	CM2/CM1
Error exp.	$(t-1)(L-1)L$	S_{ce}	CM1	
Total	$(trL-1)$	S_{ctot}		

Al encontrar diferencias significativas con el análisis de varianza combinado se realizó la prueba de

Diferencia Mínima Significativa (DMS), que se estima con la siguiente fórmula:

$$DMS = t_{\alpha} / 2g_{lee} \left[\sqrt{\frac{2C_{MEE}}{rl}} \right]$$

Donde :

t_{α} (g_{lee}) = Valor de "t" a un valor de probabilidad α con los grados de libertad del error experimental.

C_{MEE} = Cuadrado medio del error experimental.

r = Número de repeticiones.

l = Número de localidades.

PREPOTENCIA.- Es el patrimonio que una línea o cualquier material genético (en este caso una cruce simple) hereda a sus descendientes y se estima como el comportamiento promedio del material en cuestión, a través de sus cruces. La cual se estima con la siguiente fórmula:

$$PP = \frac{\sum X_i}{n}$$

Donde:

P_p = Prepotencia a estimar en cada material utilizado.

i = i-ésima cruce simple.

$\sum X_i$ = Sumatoria de todas las cruces dobles donde interviene la i-ésima cruce simple.

n = Número de cruzas con que interviene la i-ésima cruza simple.

La prepotencia se evaluó para detectar cruzas simples con buena Aptitud Combinatoria, que heredan productividad conveniente a sus descendientes.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se abordará lo referente a la interpretación de los resultados de los análisis estadísticos para probar las hipótesis planteadas y

argumentar los objetivos del presente estudio, primeramente se discutiran los análisis de varianza individuales y combinados, continuando con la selección de híbridos experimentales y finalmente se discutirá los resultados referentes a las prepotencias de las cruzas simples.

ANÁLISIS INDIVIDUAL

Los resultados obtenidos de los análisis de varianza realizados en forma individual en la localidad de Celaya para las cinco características agronómicas en estudio, se presentan en el cuadro 4.1.

En base a los cuadrados medios, las repeticiones mostraron diferencias significativas al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad en al menos un experimento para todas las variables, excepto altura de planta.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para rendimiento y otras características agronómicas de seis experimentos evaluados en Celaya, Gto. 1995.

EXP	REP	TRAT	EE	CV (%)	MEDIA	D.M.S.
RENDIMIENTO (Ton/ha)						
1	12.695*	12.189**	2.504	14.03	11.280	3.179
2	0.057	10.493**	2.328	14.88	10.250	3.065
3	0.468	6.672	4.913	19.43	11.408	4.113
4	7.500	5.689**	2.762	13.62	12.203	3.338
5	0.374	9.724	6.172	19.08	13.019	4.991
6	0.012	9.780**	3.095	16.38	10.739	3.534
Media				16.23	11.483	
DIAS A FLOR MACHO (d)						
1	31.360	11.980	8.238	3.12	91	5.766
2	18.490	13.716**	5.347	2.51	92	4.645
3	77.440**	11.579	8.032	3.09	91	5.693
4	4.410	9.647	9.961	2.88	91	6.340
5	62.410**	12.727*	7.063	2.95	90	5.339

6	44.890*	31.679**	6.829	2.89	92	5.465
Media						
				2.90	91	
DIAS A FLOR HEMBRA (d)						
1	44.890*	13.855	9.217	3.24	93	6.099
2	25.000*	14.551**	5.837	2.57	94	4.853
3	100.000**	13.050	9.408	3.29	93	6.162
4	1.210	9.731	6.924	2.81	93	5.286
5	77.440**	13.571*	7.195	2.91	92	5.388
6	44.890*	36.515	7.400	2.96	92	5.465
Media						
				2.96	93	
ALTURA DE PLANTA (cm)						
1	64.00	337.776**	140.531	5.95	199	23.815
2	100.000	359.964**	96.939	4.94	199	19.780
3	576.000	248.796	198.449	6.86	205	28.301
4	441.000	234.878	227.735	7.29	207	30.317
5	222.010	393.512	400.173	10.24	195	40.188
6	484.000	238.592	185.020	6.96	195	27.326
Media						
				7.04	200	
ALTURA DE MAZORCA (cm)						
1	56.250	346.842	311.862	18.46	95	35.478
2	361.000	247.531	518.653	23.10	98	45.752
3	64.000	407.776	275.224	16.00	103	33.329
4	676.000*	253.653**	128.551	10.94	103	22.778
5	1722.250**	205.454	178.883	14.15	94	26.869
6	196.000	207.653	156.204	13.37	93	25.108
Media						
				16.00	98	
gl	1	49	49			

* ,** significancia al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad

Lo anterior indica que estas características en los genotipos evaluados, fueron afectados por las condiciones climáticas, edáficas, geográficas y las repeticiones fueron efectivas para detectar estas diferencias, razón por la cual el diseño experimental empleado se considera eficiente, ya que logró eliminar del error, este efecto.

Para la fuente de tratamientos, se encontró significancia estadística en la mayoría de las características, al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente. Esto indica que aun siendo todos híbridos dobles, existen materiales que se desarrollan y expresan en diferente forma su comportamiento, en el medio en que se

evaluaron, lo cual, concuerda con Olivares (1989) quien menciona, que entre sus híbridos experimentales existía variabilidad genética para el carácter de rendimiento y demás características agronómicas, lo que permitieron seleccionar entre ellos el mejor híbrido doble.

En los caracteres donde no se detectaron diferencias estadísticas se infiere que presentan un comportamiento genético muy similar para estas características.

En cuanto al coeficiente de variación (C.V.) se obtuvieron los valores más bajos para las características de días a flor masculina, días a flor femenina y altura de planta, lo que indica que estas características pueden ser usadas de manera confiable en el proceso de selección. Lo anterior indica que el manejo durante la evaluación se llevó a cabo con mucha eficiencia. El resto de las características en estudio presentaron valores más elevados pero aceptables, esto pudo deberse a las diferencias que hubo en manejo durante el desarrollo del cultivo al momento de estarse evaluando estas características.

En la localidad de Sandia el grande, N.L., (Cuadro 4.2), se encontró una diferencia estadística en las repeticiones, para la mayoría de las características, al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad. Esto indica que hubo un componente ambiental que afecta la expresión de estos

caracteres, caso contrario a la característica de altura de mazorca que no mostró significancia en ninguno de los experimentos. La variación representativa por las repeticiones indica que el diseño experimental fue eficiente.

Para precocidad se tomó en cuenta días a flor macho y hembra conociendo su importancia para el inicio de la fecundación. En la fuente de variación tratamientos para el caso de los materiales genéticos, se encontró alta significancia (0.01) para las características de floración incluyendo al rendimiento casi en la totalidad de los experimentos (cuadro 4.2) por lo que la expresión de estas características se vieron altamente influenciada por las diferencias principalmente del tipo genético. En el caso de altura de planta y mazorca, se encontró significancia al 0.05 de probabilidad en solo dos experimentos. Se enriquecerá esta discusión en el análisis de varianza combinado.

Los coeficientes de variación en promedio de los seis experimentos fluctuaron desde 2.3% para días a floración macho a valores del orden de 17.07 y 19.87% para las características rendimiento y altura de mazorca respectivamente. Los días a floración mostraron los valores más bajos; entre el 2 y 3 %. En general los coeficientes de variación son aceptables, excepto los valores altos de

25.83 y 36.91% en dos experimentos particulares para altura de mazorca y rendimiento respectivamente, por lo que los resultados obtenidos en las demás características son confiables.

Los rangos que se obtuvieron en cada una de las características para las dos localidades son amplios, por

Cuadro 4.2 Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para rendimiento y otras características agronomicas de seis experimentos evaluados en Sandia el grande N.L. 1995.

EXP.	REP	TRAT	EE	CV (%)	MEDIA	D.M.S.
RENDIMIENTO (Ton/ha)						
1	46.760**	3.543**	1.463	11.56	10.469	2.429
2	3.206	3.464**	1.238	10.94	10.172	2.235
3	6.845	4.437	7.803	36.91	7.567	5.609
4	2.052	3.451**	1.361	10.40	11.220	2.343
5	7.376	5.450**	2.459	15.66	10.015	3.150
6	20.612*	6.394**	2.883	16.95	10.018	3.411
Media			17.07	9.910		
DIAS A FLOR MACHO (d)						
1	139.240**	11.383**	3.036	1.84	94	3.500
2	7.290	13.731**	4.147	2.17	94	4.091
3	1.440	9.388	10.154	3.31	96	6.401
4	17.640*	9.735**	3.701	2.08	92	3.864
5	0.000	12.044*	5.592	2.54	93	4.750
6	19.360*	21.740**	4.442	2.30	92	4.234
Media			2.37	93		
DIAS A FLOR HEMBRA (d)						
1	82.810**	11.250**	5.239	2.29	100	4.598
2	5.290	14.801**	4.494	2.15	98	4.256
3	12.960	9.646	12.266	3.45	101	7.021
4	43.560**	10.523**	95.209	5.93	98	4.022
5	1.010	18.798**	8.030	2.86	99	5.692
6	4.410	32.189**	4.675	2.21	98	4.343
Media			3.14	99		
ALTURA DE PLANTA (cm)						
1	1122.250	382.270	360.515	12.31	154	38.145
2	81.000	224.408	140.694	7.29	162	23.829
3	144.000	210.184	303.694	11.82	147	35.010
4	1122.250**	111.372	95.209	5.93	164	19.602
5	49.000	191.347*	110.735	6.61	159	21.140
6	56.250	235.842*	152.531	7.46	156	23.415
Media			8.57	157		
ALTURA DE MAZORCA (cm)						
1	196.000	168.184	187.837	21.18	65	27.534
2	16.000	246.041*	134.367	15.71	74	23.287
3	30.250	181.230	272.087	25.83	64	33.138

4	16.000	211.653	181.306	18.62	72	27.051
5	144.000	182.878	181.245	19.45	69	27.046
6	1.000	266.837*	152.531	18.43	67	24.811

Media **19.87** **68**

gl	1	49	49			
----	---	----	----	--	--	--

* ,** significancia al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad

lo que ésta es un factor muy importante, ya que como se mencionó anteriormente, es indispensable para realizar selección y obtener los genotipos que tengan el mayor número de atractivos para los agricultores, como pudieran ser maíces con altos rendimientos que sean precoces, intermedios o tardíos. Con éste fin se utiliza la diferencia minima significativa para poder detectar los mejores híbridos experimentales por localidad, productor y finalidad del cultivo.

ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO

Los análisis de varianza combinados permiten separar los efectos causales de la variación expresada por un número determinado de genotipos ensayados a través de ambientes diferentes. Es siempre importante conocer las causas de la variación, para poder tomar decisiones acertadas y confiables en los programas de mejoramiento.

La significancia encontrada en el análisis combinado para los cuadrados medios de localidades (cuadro 4.3), indican la diversidad que hay entre ellas, esto hizo que los genotipos evaluados respondieran en forma diferente

por la variación ambiental; debido entre otros factores a la mejor calidad de suelos y clima más favorable encontrada en Celaya, Gto. Al respecto, Córdoba (1989) menciona que al identificar el comportamiento de cultivares a través de diversos ambientes, contribuyeron a la selección apropiada de los genotipos. Esto es de interés ya que en los programas de mejoramiento, al interpretar los efectos genéticos y ambientales, puede modificar el potencial de expresión de las características que interesan mejorarse. La investigación esta sujeta en ocasiones a limitantes que no permiten un mejor desarrollo de la misma, y claro estas restricciones son de tipo económico, aunado también, a recursos humanos en instituciones que no tienen suficientes apoyos externos o privados.

De acuerdo a las medias obtenidas, se puede apreciar que en la característica de rendimiento se obtuvieron valores promedio de 9.910 y 11.480 ton/ha para las localidades de Sandia, N.L. y Celaya, Gto. respectivamente.

Con respecto a días a flor macho y hembra es evidente que los cambios ambientales influyeron sobre su comportamiento, ya que en la localidad de Celaya los materiales fueron más precoces que en Sandia N.L. con una diferencia en promedio de tres días aproximadamente. En altura de planta y altura de mazorca se observaron plantas

más altas en Celaya, Gto. (2.0 m) en comparación con las obtenidas en la localidad de Sandia, N.L. (1.57 m).

Los cuadrados medios para tratamientos, resultaron diferentes de manera significativa al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad en la mayoría de los casos en los análisis de varianza combinados, practicados a los seis experimentos. Para el caso de rendimiento se encontraron que las diferencias entre tratamientos fueron al 0.01 (Cuadro 4.3) asimismo, días a floración macho y hembra y altura de planta presentaron igual significancia, lo que indica que los tratamientos respondieron de diferente manera, es decir, que estos poseen diferente información genética, lo cual permite tener muchas posibilidades de seleccionar materiales de acuerdo a nuestros intereses y objetivos. Por ejemplo, la característica de precocidad que es de gran valor y es muy importante encontrar genotipos muy precoces, siempre y cuando proporcionen rendimientos elevados dentro del período adecuado de crecimiento o para cultivos múltiples.

Los valores máximos y mínimos obtenidos para todos los casos, ratifican que existe una gran variabilidad entre las cruza dobles, se observa que existen híbridos tardíos y precoces; de porte normal y con rendimientos elevados muy favorables que superan a la media general. Estos genotipos expresaron también un excelente desarrollo sin daños por

podriciones, mala cobertura y acame, asimismo, también se encuentran materiales sin potencial adecuado.

Con respecto a la interacción tratamiento por localidad se encontraron diferencias significativas al 0.01, en algunos experimentos para las características de rendimiento, días a flor hembra y altura de planta, indicando con esto que los tratamientos no tienen la suficiente información genética para amortiguar las condiciones ambientales donde se evaluaron, es decir, no tienen estabilidad y varía su posición de localidad en localidad. En las características donde no se observó significancia se infiere que los tratamientos no cambian de lugar gerarquico al cambiar de ambiente, es decir, que son estables en todas las localidades donde se evaluaron, lo cual es importante para seleccionar tratamientos que se adapten a cada ambiente o que se comporten bien en todos los ambientes de evaluación.

Los coeficientes de variación obtenidos de los análisis de varianza de los seis experimentos, para cada característica presentan valores porcentuales altos y bajos de acuerdo a la característica en cuestión.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios y significancia de los analisis de varianza combinado para rendimiento de seis experimentos evaluados en dos ambientes Celaya, Gto. y Sandia el grande, N.L. 1995.

EXP	LOC	TRAT	LOCXTRAT	EE	CV (%)	MEDIA	DMS	MAX	MIN
-----	-----	------	----------	----	--------	-------	-----	-----	-----

RENDIMIENTO (Ton/ha)									
1	32.854	11.042**	4.690**	1.984	12.95	10.874	1.395	14.221	5.423
2	0.310	8.977**	4.979**	1.783	10.21	10.212	1.306	13.264	7.481
3	748.365**	7.469	4.099	6.470	26.85	9.473	2.250	12.264	5.876
4	48.376	5.250**	3.890**	2.061	12.26	11.712	1.422	13.705	7.558
5	451.390**	10.467**	4.706	4.316	18.04	11.517	2.058	14.537	8.247
6	25.954	13.539**	2.635	2.989	16.66	10.373	1.713	13.792	5.230
Media	16.66 10.693								
DIAS A FLOR MACHO (d)									
1	397.620	16.325**	7.038	5.637	2.55	93	2.352	97	89
2	137.780	21.442**	6.004	4.747	2.34	93	2.159	99	88
3	1113.920*	15.047*	5.920	9.093	3.21	94	7.271	98	89
4	32.805	14.821**	4.560	5.331	2.51	92	2.288	97	89
5	483.605	14.992**	9.778*	6.327	2.74	92	2.492	96	88
6	93.845	45.247**	8.172	5.635	2.61	91	2.352	96	79
Media	2.66 92								
DIAS A FLOR HEMBRA (d)									
1	2086.580*	18.413**	6.692	7.228	2.77	97	2.664	101	91
2	630.125**	56.962	49.533	45.169	7.02	96	6.660	102	76
3	2679.120*	38.990	41.049	53.835	7.56	97	7.271	102	80
4	928.805*	14.796**	5.458	5.467	2.44	96	2.317	101	92
5	2527.605*	19.325**	13.044*	7.613	2.88	96	2.734	101	92
6	1624.500*	57.622**	11.082**	6.038	2.59	95	2.435	101	81
Media	4.21 96								
ALTURA DE PLANTA (cm)									
1	101475.125**	478.849**	241.196	250.523	8.95	177	15.68	199	153
2	67712.000**	354.245**	229.857**	118.816	6.02	181	10.80	200	161
3	167620.500**	291.031	167.949	251.071	8.99	176	15.70	203	160
4	90951.125**	194.105	152.145	161.472	6.84	186	12.59	203	165
5	64764.005**	340.089	244.770	255.454	9.01	177	15.83	205	156
6	76245.125**	324.207**	150.227	160.431	7.21	175	12.55	203	153
Media	7.83 178								
ALTURA DE MAZORCA (cm)									
1	47895.125**	263.778	251.247	249.849	19.17	80	15.66	98	63
2	30752.000**	266.571	227.000	326.510	20.96	86	17.90	110	64
3	74401.125**	325.380	263.625	273.656	19.75	84	16.39	100	61
4	48984.500**	256.316*	208.990	154.929	14.15	88	12.33	106	68
5	32131.125**	205.931	182.401	180.064	16.39	82	13.29	101	63
6	35112.500**	285.969**	100.520	154.367	15.40	80	12.31	101	60
Media	17.63 83								

gl	1	49	49	98		
----	---	----	----	----	--	--

* ,** significancia al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad

Los coeficientes de variación más bajos se observaron en días a flor macho y hembra (Cuadro 4.3) y los mas altos ocurrieron en las características de rendimiento y altura de mazorca. aunque existe una amplitud considerable en los coeficientes de variación, estos valores observados indican un alto grado de confiabilidad, ya que al mismo tiempo

expresa la alta eficiencia con que trabajaron los experimentos en cada una de las localidades donde se realizaron.

Los resultados de la D.M.S. permiten formar grupos estadísticamente diferentes por lo que podemos determinar cuales son mejores para estas características agronómicas y seleccionar los mejores (Cuadro 4.4), así también se identificó al mejor testigo de los utilizados en cada experimento (Cuadro 4.5), y de esta manera ayudando u orientando en la identificación de los mejores genotipos, los cuales este demandando el mejorador.

En el cuadro 4.4, se presentan los mejores 30 híbridos dobles experimentales del combinado, donde encontramos materiales sobresalientes por sus características agronómicas y rendimiento. Se incluyen en este cuadro los materiales más sobresalientes de cada experimento, ya que el objetivo es elegir a los que superen

Cuadro 4.4 Mejores 30 híbridos dobles de seis experimentos del combinado en cuanto a rendimiento y otras características agronómicas evaluadas.

EXP	HIB	DAFM	DAFH	ALT PTA cm	ALT MAZ cm	AC. RAIZ (%)	AC. TALLO (%)	MALA COB. (%)	MAZ POD (%)	REND. TON/HA 15.5% HUM	% DE SUPER- MEJ TEST
5	38	90	94	173	73	0	0	20	8	14.537	9.00
5	37	93	97	179	85	2	0	22	9	14.492	8.66
5	31	91	94	161	81	0	0	19	9	14.271	7.01
5	3	92	95	175	79	4	0	9	10	13.803	3.50
6	11	91	96	176	70	5	0	7	6	13.792	9.59

4	27	92	97	188	91	0	0	17	3	13.705	3.35
5	6	89	93	171	78	0	0	10	7	13.704	2.76
5	1	90	94	175	79	8	0	7	12	13.650	2.35
5	2	90	95	173	76	4	0	5	13	13.638	2.26
4	43	90	94	198	98	2	0	1	6	13.628	2.77
5	30	89	92	171	86	1	0	9	5	13.578	1.81
4	21	93	97	186	89	1	0	19	4	13.430	1.27
4	29	95	99	200	106	0	0	14	8	13.278	0.13
2	36	94	76	200	88	0	0	19	3	13.264	2.19
4	41	93	95	191	90	0	1	11	11	13.250	-0.08
6	40	93	97	203	94	7	0	6	6	13.188	4.80
2	17	94	97	189	96	0	0	15	13	12.968	-0.14
6	10	90	95	176	74	0	0	6	4	12.954	2.94
6	42	84	87	174	93	2	0	21	10	12.893	2.46
6	28	93	97	180	84	7	0	1	16	12.785	1.59
1	20	93	96	176	68	1	0	15	6	12.571	-11.60
1	9	89	93	176	81	1	1	2	9	12.404	-12.77
1	35	93	96	190	80	4	0	6	6	12.278	-13.66
1	37	89	91	179	90	2	0	12	14	12.265	-13.75
3	24	96	100	185	93	1	0	12	12	12.264	10.48
1	11	92	95	175	89	1	0	15	11	12.106	-14.87
3	2	91	95	178	83	0	0	8	8	12.077	8.79
3	35	94	99	176	86	2	0	6	10	11.700	5.40
3	11	97	100	183	80	1	0	16	11	11.639	4.84
3	33	95	98	198	98	2	0	15	15	11.408	2.77

más ampliamente a los testigos que fueron comunes en los experimentos separados, como es el caso de híbrido 38 perteneciente al experimento cinco el cual presenta el más alto porcentaje en rendimiento con 14.537 ton/ha superando su mejor testigo (49) del mismo experimento (cuadro 4.5) con un 9.00% de superioridad, el cual reporta rendimiento de 14.221 ton/ha. Este híbrido experimental (38) muestra una floración intermedia y una altura de planta de porte bajo con muy buenos porcentajes de acames, no siendo así para mala cobertura y porcentaje aceptable en mazorcas

podridas, cabe hacer mención que los híbridos dobles que logran superar numéricamente al mejor testigo del experimento cinco son 38 y 37 con los más altos rendimientos en el experimento cinco, los cuales mostraron precocidad en comparación con el mejor híbrido testigo. Lo anterior es importante ya que entre menos corto sea el ciclo menor se invertirá, ya que el tener el cultivo más tiempo se corre el riesgo de que lo ataque alguna plaga o enfermedad o algún otro factor.

Dentro de los híbridos señalados en el cuadro 4.4 como los más altos porcentajes de superioridad con relación a su mejor testigo por experimento, se señala el híbrido experimental (11) perteneciente al experimento seis el cual logra superar en rendimiento a su mejor testigo siendo este el 50 (AN450). De acuerdo a los resultados obtenidos se puede apreciar (Cuadro 4.4) que los híbridos experimentales 24 y dos que pertenecen al experimento tres obtuvieron porcentajes aceptables de superioridad con relación a su mejor testigo, esto es importante ya que permite realizar selección y obtener los mejores híbridos experimentales que presenten el mayor potencial así como características deseables, superando a los materiales tradicionales de la región.

Cuadro 4.5. Rendimiento y otras características agronómicas de los mejores testigos por experimento a través de ambientes .

EXP	HIBRIDOS TESTIGOS	DAFM	DAFH	ALT PTA (cm)	ALT MAZ (cm)	ACAME RAIZ (%)	ACAME TALLO (%)	MALA COB (%)	MAZ POD (%)	REND TON/H A 15.5%
1	49 AN453E	94	98	184	89	1	0	13	8	14.22 1
2	50 AN450	91	94	178	80	0	0	9	9	12.98 6
3	49 AN453E	93	97	183	91	2	0	35	12	11.10 1
4	49 AN453E	94	98	190	90	1	0	6	8	13.27 8
5	49 AN453E	93	98	173	85	2	0	18	9	13.33 6
6	50 AN450	93	96	170	81	0	0	12	6	12.58 4

Una concentración del comportamiento de los testigos por experimento se señalan en el cuadro 4.5 donde se observa que el híbrido testigo con más potencial fue el 49 (AN453E) que presenta floración intermedia, plantas de porte normal, con porcentajes aceptables de acame, cobertura y mazorcas podridas, aunado a esto los rendimientos que mostraron en cada experimento.

PREPOTENCIAS

Comúnmente esta estimación se hace en las líneas y no en las cruzas simples, ya que tradicionalmente los híbridos dobles se forman sin analizar la aptitud combinatoria de sus progenitores.

Es muy importante el conocer la prepotencia de las cruzas simples, ya que de esta forma permite realizar combinaciones y obtener híbridos dobles con gran potencial de rendimiento, tal como lo indica Ortega (1990) en la estimación de prepotencia de cruzas simples.

Se seleccionaron cinco cruzas simples en base a rendimiento y demás características. En el cuadro 4.6. se presentan las prepotencias de las cruzas simples que mostraron mayor rendimiento a través de los ambientes de evaluación.

La cruz simple que presentó mayor prepotencia para rendimiento fue la 0217 con un rendimiento de 12.645 ton/ha. Cabe señalar que la prepotencia en las demás características es similar o aceptables, existiendo solo en mazorcas podridas valores más altos, también se incluyeron cuatro cruzas simples que exhibieron valores promedios de 12 ton/ha en rendimiento. Combinando éstas cruzas con otros materiales élite se obtendrán híbridos de alto potencial de rendimiento.

Las cruzas simples mencionadas anteriormente fueron seleccionadas debido a su mejor aptitud combinatoria general, ya que fueron capaces de transmitir características agronomicas favorables a su progenie. Además, se infiere que el gran potencial de rendimiento que

expresaron, es debido al distinto origen genético, de las líneas que constituyen a dichas cruzas, esto concuerda con lo mencionado por Johnon y Hayes (1940), además esto pone de manifiesto la importancia que tiene la diversidad genética de las líneas autofecundadas que se emplean en sus combinaciones híbridas. Con esta discusión y argumento, se opta por aceptar la segunda hipótesis que se planteó en este estudio, es decir si existen cruzas simples que poseen prepotencia positiva para la variable rendimiento.

Las cinco cruzas simples con menor número de días a floración macho, se presentan en el cuadro 4.7.

Cuadro 4.6 Prepotencia de rendimiento (ton/ha) y otras características en cruzas simples estimadas en dos ambientes con mayor prepotencia.

CRUZA SIMPLE	DAFM	DAFH	ALT. PTA. (cm)	ALT. MAZ. (cm)	ACAME RAIZ (%)	ACAME TALLO (%)	MAIA COB. (%)	MAZ. POD. (%)	REND. TON/HA 15.5% HUM
0217	91	96	174	77	3	0	6	12	12.645
0224	91	95	176	85	1	0	16	10	12.217
0303	89	93	178	74	2	0	10	8	12.217
0216	92	95	191	93	1	0	9	12	12.161
0219	92	95	178	83	0	0	12	11	12.094

La cruz con menor número de días a floración macho fue la 0310 con 82 días obteniendo el menor número de días a floración hembra, lo cual indica que su floración es temprana siendo además la de porte más bajo dentro del grupo y, como la literatura lo señala, a mayor precocidad

menor rendimiento (ver cuadro 4.7). Por otro, lado la cruza que reportó el mayor número de días a floración macho y hembra en este grupo fue la cruza 0217 con 91 y 96 días respectivamente, y atendiendo el cuadro 4.7 esta cruza fue la que reportó mayor rendimiento cumpliéndose lo que la literatura reporta, que entre más tardías las plantas, estas serán más rendidoras, argumentando que la correlación reportada entre precocidad y rendimiento no es del todo ciera, ya que hay algunos híbridos que rinden más y no necesariamente son tardios, lo cual se comprobó en este y algunos otros trabajos de investigación. Por ejemplo, la cruza simple 0217 puede servir como donadora de precocidad sin modificar el potencial de rendimiento.

Cuadro 4.7 Prepotencia de precocidad y demás características en cruzas simples estimadas en dos ambientes con menor número de días a floración macho.

CRUZA SIMPLE	DAFM	DAFH	ALT. PTA. (cm)	ALT. MAZ. (cm)	ACAME RAIZ (%)	ACAME TALLO (%)	MALA COB. (%)	MAZ. POD. (%)	REND TON/HA 15.5% HUM
0310	82	84	159	77	1	1	24	10	8.704
0303	89	93	178	74	2	0	10	8	12.217
0211	90	95	183	84	2	0	10	11	11.419
0116	91	94	189	88	4	0	6	11	10.703
0217	91	96	174	77	3	0	6	12	12.645

En el cuadro 4.8 que a continuación se muestra se pueden observar que las prepotencias estimadas para menor altura de planta son los valores de 159 a 168 cms., representando con esto que son materiales de porte bajo, lo

cual facilita su cosecha realizada manual o mecanicamente y además proporcionan una ventaja mayor a la característica de acames reduciendo en un alto porcentaje su presencia.

Las cruzas simples 0301 y 0103 registran los mejores porcentajes en acames de raíz y tallo, mazorcas podridas y mala cobertura; para días a floración macho y hembra las cruzas simples 0301 y 0109 exhibieron los valores más altos del grupo seleccionado y tuvieron un rendimiento de 10.014 y 8.711 ton/ha respectivamente.

Cuadro 4.8. Prepotencia en cruzas simples con menor altura de planta estimadas en dos ambientes.

CRUZA SIMPLE	DAFM	DAFH	ALT. PTA. (cm)	ALT. MAZ. (cm)	ACAME RAIZ (%)	ACAME TALLO (%)	MALA COB. (%)	MAZ. POD. (%)	REND TON/HA 15.5% HUM
0310	82	84	159	77	1	1	24	10	8.704
0109	94	97	168	85	3	3	8	8	8.711
0301	91	95	169	70	1	0	20	9	10.014
0103	93	97	170	79	1	0	22	11	10.853
0122	93	96	172	83	2	0	40	14	9.305

Las prepotencias estimadas para la característica de mayor altura de planta es similar dentro del grupo seleccionado ya que presentaron valores de 191 a 187 cms de altura, lo cual indica que son materiales de porte normal (Cuadro 4.9), pero tienden a presentar mayor daño por acame de raíz.

Cuadro 4.9 Prepotencia en cruza simples con mayor altura de planta estimadas en dos ambientes.

CRUZA SIMPLE	DAFM	DAFH	ALT. PTA. (cm)	ALT. MAZ. (cm)	ACAME RAIZ (%)	ACAME TALLO (%)	MALA COB. (%)	MAZ. POD. (%)	REND TON/HA 15.5% HUM
0213	92	96	191	92	3	0	13	11	12.056
0216	92	95	191	93	1	0	9	12	12.161
0117	91	94	189	88	4	0	6	11	10.703
0118	95	94	188	92	1	0	22	9	10.549
0206	92	95	187	93	1	0	12	7	11.913

Finalmente, para la característica de mazorcas podridas es de suma importancia que los materiales sean resistentes y que permitan identificar y seleccionar los más sanos para la formación de híbridos (Cuadro 4. 10). Al respecto, Villena (1983) indica que estos problemas se presentan en áreas de alta precipitación pluvial así como por efectos de campo, ocasionados por insectos y enfermedades fungosas, por lo cual hay que identificar maíces que posean grados aceptables de resistencia a pudriciones y mala cobertura, aunado a un buen rendimiento. Córdoba (1983) también hace referencia a que la cobertura de mazorca es un carácter de importancia económica que influye grandemente en las pérdidas de postproducción y cosecha.

La cruz simple que presentó menor número de mazorcas podridas fue la 0308 con solo seis por ciento de mazorcas podridas, con floración intermedia y de porte normal, sin

problemas de acames y con porcentaje un poco alto de mala cobertura y con un rendimiento de 10.845 ton/ha.

El resto del grupo seleccionado reportaron valores similares a la craza antes mencionada.

Cuadro 4.10 Prepotencia en cruza simples con menor porcentaje de mazorcas podridas estimadas en dos ambientes.

CRUZA SIMPLE	DAFM	DAFH	ALT. PTA. (cm)	ALT. MAZ. (cm)	ACAME RAIZ (%)	ACAME TALLO (%)	MALA COB. (%)	MAZ. POD. (%)	REND TON/HA 15.5% HUM
0308	94	98	180	90	1	0	21	6	10.825
0101	95	98	178	78	2	0	10	7	10.561
0102	93	97	184	85	1	1	12	7	11.837
0107	94	97	182	83	2	0	11	7	11.370
0121	94	97	170	76	2	0	22	7	8.429

V. CONCLUSIONES

Después de haber realizado los análisis de varianza correspondientes y haber discutido los resultados de acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas en el presente trabajo, se concluye lo siguiente:

- Los híbridos dobles que presentaron mayor rendimiento y buen comportamiento agronómico a través de los ambientes fueron: el 38 y 37 pertenecientes al experimento cinco, además del híbrido 11 del experimento seis y los híbridos 24 y dos del experimento tres los cuales lograron superar al mejor testigo, por lo cual permite la selección entre ellos.

- Las cruces simples que mostraron los mayores efectos de prepotencia para la característica de rendimiento son: 0217, 0224, 0303, 0216 y 0219. Estas cruces simples fueron seleccionadas debido a su mejor ACG, ya que fueron capaces de transmitir características agronómicas favorables a su progenie, por lo cual se recomienda ser utilizadas como probadores y/o futuros progenitores de híbridos dentro del programa de mejoramiento genético de maíz.

- Fue posible identificar cruzas simples con características agronomicas favorables como por ejemplo precocidad, las cuales fueron: 0310, 0303 0211, 0116 y 0217.

- Mientras que para la característica de altura de planta las cruzas simples que exhibieron las menores alturas fueron: 0310, 0109, 0301, 0103 y 0122. Y las de mayor altura fueron: 0213, 0216, 0117, 0118 y 0206.

- Como anteriormente se mencionó es importante que los materiales posean grados aceptables de resistencia a pudriciones, para lo cual se seleccionaron las cruzas simples que presentaron el menor porcentaje de mazorcas podridas, las cuales fueron: 0308, 0101, 0102, 0107 y 0121.

Con todo lo antes mencionado se cumple con las hipótesis planteadas al inicio de esta investigación.

El presente trabajo demuestra la importancia de estimar la aptitud combinatoria general en cruzas simples, ya que la investigación no termina aquí, sino que con las mejores cruzas simples detectadas en este programa se podran cruzar con las mejores cruzas simples de otros programas de mejoramiento y lograr obtener híbridos superiores a los existentes en el mercado.

RESUMEN

El presente trabajo consistió en la evaluación de 270 híbridos dobles experimentales formados entre 58 cruzas simples y comparados con 5 testigos previamente identificados por su potencial de rendimiento y otras características agronómicas, con la finalidad de detectar híbridos dobles que superen en rendimiento y en características agronómicas evaluadas al mejor testigo. Así mismo identificar cruzas simples que presenten prepotencia positiva para la característica de rendimiento.

Este trabajo fue evaluado durante el ciclo primavera-verano de 1995 en las localidades de Celaya, Gto. y Sandia El grande, N.L., el diseño utilizado fue un bloques al azar con seis experimentos cada uno con dos repeticiones por cada localidad. Las características agronómicas evaluadas fueron las siguientes: Rendimiento, días a floración macho, días a floración hembra, altura de planta y altura de mazorca.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que se logró detectar que las dos localidades de evaluación

poseen claras diferencias. Se identificaron híbridos dobles experimentales superiores numericamente a los testigos utilizados, en promedio los mejores cinco para los dos ambientes fueron los híbridos dobles experimentales: 38 y 37 perteneciente al experimento cinco, mientras que en el experimento tres sobresalieron los híbridos 24 y dos y el híbrido 11 del experimento seis, presentandose como materiales de alto rendimiento.

En cuanto a la Aptitud Combinatoria , se identificaron cruza simples que poseían mayor capacidad para transmitir a sus descendientes híbridos mejores efectos. Las cruza simples que presentaron buenos efectos de prepotencia para rendimiento fueron: 0217, 0224 y 0303.

Se identificaron las cruza simples con menor número de días a flor macho: 0310, 0303 y 0217. Mientras que las cruza simples que presentaron menor altura de planta fueron: 0310, 0109 y 0301. Y las de mayor altura fueron: 0213, 0216 y 0117.

Finalmente para la característica de mazorcas podridas se seleccionaron las cruza simples siguientes: 0308, 0101 y 0102.

VII. BIBLIOGRAFIA

Allard, R.W. 1967. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. 1ra. edición. Editorial OMEGA, S.A. Barcelona, España. pp 226-236.

Anónimo, 1988; Los Municipios de Guanajuato. Sria. de Gobernación 1ra. Edición, colección: Enciclopedia de los municipios de México pp 328-329, 486-487.

Beard, D. F. 1940. relative values of unrelated single crosses and open-pollinated variety as testers of inbred lines of corn. Ohio state. Univ Ph. D. Thesis Abs.

Brauer, H.O. 1978. Fitogenética Aplicada.1ª Edición. Editorial Limusa. México, D.F.

Cochran, G. w. y Cox M. Gertrude. Diseños experimentales 3ra. reimpresión 1974. Editorial Trillas S.A. México, D.F. pp 132, 144.

Córdova, H.S. 1975. Efecto del número de líneas Endocriadas sobre el rendimiento y estabilidad de las

variedades sintéticas derivadas de Maíz (*Zea mays* L.) Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Cortéz, M. H., 1982; Mejoramiento Avanzado. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidraulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Chavez A., J.L. 1987; Mejoramiento de plantas I. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Chavez A., J. y E. Lopez P. 1987 Apuntes de mejoramiento de plantas II. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Gardner, E.J. 1982; Principios de genética: Segunda edición. Editorial Limusa. México, D.F.

Hallauer, A.R. 1975; Relation of Gene Action and Type of Tester en Maize Breeding Procedures. Proc 3th Ann Corn and Sorghum Research Conf. 150-165.

Lugo F., F 1993. Selección y estimación de parametros genéticos en híbridos y en sus cruas simples progenitoras, en Maíz. Tesis profesional. UAAAN, Buenavista Saltillo, Coahuila.

López P., E. 1986; Comparación entre diferentes probadores

para evaluar líneas de Maíz. Folleto de divulgación
Vol.1 No.7 Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Jenkins, M.T. and A.M. Brunson .1932 Methods of testing
inbred lines of Maize in cross-bred combinations J.
Am. Soc. Agron. 24: 423-530

Jugenheimer, W. R. 1981. Maíz. Variedades mejoradas,
Métodos de cultivo y producción de semillas. 1ra.
edición. Editorial Limusa México, D.F. p87-91, 152p
y 217-219.

Marquez, S. F. 1988. Genotecnia Vegetal, Metodos, teoría,
resultados. Tomo II. 1era. edición AGT editor S.A.
pag 144-161.

Ortega C., J.S. 1990; Selección de híbridos dobles e
identificación de las mejores cruzas simples de
maíz, para la región del bajo mexicano. Tesis de
licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo,
Coahuila, México.

Paterniani, E. and J. H. Lonquist, 1963; Heterosis
Interracial-crosses of corn. Crop sc; 3:504-507.

Poelman, J.M. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas.
Editorial Limusa, S.A. Séptima reimpresión. México
D.F.

Reyes, C.P. 1978. Diseños de experimentos agrícolas. 1^a
edición editorial Trillas S.A. México, D.F. pp 84,
130.

Sprague, G. F. and L.A. Tatum 1942. General vs specific
combining ability in single crosse of corn J. Am.
Soc. Agron. 34:923-932.

Steel, R.G.D. y Torrie J. H. Bioestadística: Principios y
Procedimientos 2da. Edición. Editorial McGriw-Hill,
inc. México D.F. pp 188-213.

Wellhausen, E.J. 1960. El mejoramiento del maíz en avances
actuales y proyección hacia el futuro en: Revista
de la sociedad mexicana de historia natural. 21
(2): 435-462.

