

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



Selección de líneas de un grupo exótico de maíz (*Zea mays* L.) mediante probadores e identificación y clasificación de híbridos

Por:

DELMAR URIEL ROBLERO PÉREZ

T E S I S

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México., Abril de 2003.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por la vida e infinita bondad sobre cada uno de nosotros y por permitirme conocer una porción de la maravillosa creación.

Al M.C. Humberto De León Castillo

Que con su apoyo y orientación hizo posible la realización de este trabajo; por su amistad y ejemplo en el desempeño de esta profesión. Mis más sinceros, agradecimientos.

Al Dr. Froylán Rincón Sánchez

Por la revisión y contribución a la mejoría del presente trabajo.

Al Dr. José Espinoza Velásquez

Por su valiosa ayuda y colaboración en la revisión técnica de este trabajo.

Al Ing. Daniel Samano Garduño

Por su amistad; desinteresado y constante apoyo que hizo posible la realización de esta investigación.

Al M.C. Arnoldo Oyervides García

Por su amistad y consejos que siempre me brindo durante mi estancia en la Universidad.

Al Ing. José Luis Herrera Ayala

Por su amistad y experiencias compartidas en el proceso de mi formación profesional.

A mis Profesores

Quienes transmitieron sus conocimientos y sabias experiencias depositando la confianza en nosotros para luchar por el bienestar en lo respectivo al Agro Mexicano.

A mi ALMA MATER

Por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de formación profesional.

A la generación XCIV de Ingenieros Agrónomos en Producción

Por ser compañeros de lucha y dedicación al logro de las metas propuestas en el proceso de educación superior.

A la Familia Lujan Medina

Por el amor, comprensión y respeto demostrado durante mi estancia en este lugar y compartir los momentos de felicidad.

A :

José Luis, Osmar y Manuel, Gracias, por el apoyo que me brindaron en la captura y redacción del presente.

A :

Magnober, William, Saúl, Omar, Luis, Norbel, Stoni, Olinto, Ataín, Didier, Amado, Alonso, Eliú... Por el apoyo incondicional brindado en todo momento y la diversión que compartimos siempre juntos.

DEDICATORIA

A la Memoria de mi Padre:

Humberto Roblero Pérez (†)

Por ser la luz que pudo guiarme en el primer momento de mi existencia.

A mi Madre:

Zoila Pérez Rodríguez

Por su sacrificios y sufrimientos, y por haber desempeñado en su momento también el papel de padre, y así sacarme adelante en las primeras etapas de mi vida.

A mi padrastro:

Virgilio Trigueros Vázquez

Quien como padre, con el respeto que él se merece, ha luchado incansablemente para sacarme adelante y me ha sabido responder en cualquier momento; quien ha puesto el ejemplo de superación con hechos, y me mostrado el camino a seguir, quien ha hecho todo por mí sin pedir nada a cambio, y nos ha sabido guiar por los senderos rectos de la vida, por eso y por mucho más. Muchas gracias.

A mis hermanos:

Esteban S., Mario C., María E., Yeni P., Sandra M.

Por compartir momentos de felicidad, por haber depositado su confianza en mí y apoyarme siempre a lo largo de mi carrera.

A mi cuñada:

Ena C.

Por llegar a ser una integrante más del seno familiar y desearme siempre lo mejor.

A mis sobrinos:

Alex., Deysi., Jazmín.

Por los momentos de alegría que me hacen pasar y porque con sus tiernas sonrisas me hacen el vivir cada día más feliz.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Las variedades comerciales de maíz y su importancia en la formación de nuevos híbridos	4
Desarrollo y obtención de líneas	5
Probadores	7
Evaluación de líneas	8
Heterosis	9
Hibridación en maíz	11
Híbridos simples	11
Híbridos triples	12
Híbridos dobles	13
Evaluación y comparación de híbridos	13
Heredabilidad y predicción del rendimiento de híbridos	15
Diseño de bloques incompletos	16
Prueba multivariada de medias	17

MATERIALES Y MÉTODOS	20
Material genético	20
Localidades de estudio	24
Manejo experimental	24
Siembra	25
Riegos	25
Fertilización	25
Control de malezas	25
Cosecha	26
Caracteres agronómicos evaluados	26
Análisis estadísticos	29
Análisis de varianza	29
Bloques completos al azar	33
Predicción de rendimiento	36
Prueba multivariada de medias	37
Metodología y criterio de selección	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
Análisis de líneas y probadores	45
Prueba multivariada de medias	48
Selección de híbridos	52
Clasificación de cruzas	54
Predicción de rendimiento	56
Selección de líneas e identificación del mejor probador	57
CONCLUSIONES	60
RESUMEN	62
LITERATURA CITADA	64
APÉNDICE	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1	Genealogía de las líneas experimentales S ₂ incluidas en la evaluación ..	22
3.2	Genealogía de los probadores utilizados	22
3.3	Genealogía de los híbridos dobles experimentales del Instituto Mexicano del Maíz incluidos en la evaluación	23
3.4	Genealogía de los híbridos utilizados como testigos para rendimiento de grano	23
3.5	Índica la localización geográfica y los factores climáticos en las dos localidades de estudio	24
3.6	Formato del análisis de varianza para el diseño bloques incompletos combinado con localidades	31
3.7	Grados de libertad para las fuentes de variación resultantes de la descomposición tratamientos y sus respectivos contrastes ortogonales ...	32
3.8	Indicativo de los grados de libertad generados de la descomposición del efecto tratamientos x localidad	33
3.9	Formato del análisis de varianza para el diseño bloques completos al azar combinado con localidades	35
4.1	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado, para rendimiento y otras características agronómicas de los híbridos y testigos evaluados en Juventino Rosas, Gto. y La Piedad, Mich. Año 2001	40
4.2	Comportamiento promedio para rendimiento y otras características agronómicas de los híbridos experimentales y del mejor testigo, evaluados en las dos localidades de estudio. Año 2001	44
4.3	Cuadrados medios del diseño bloques al azar, para rendimiento y otras características agronómicas de las líneas y probadores evaluados en Juventino Rosas, Gto y La Piedad, Mich. Año 2001	46

4.4	Indicativo de la comparación multivariada y univariada de los genotipos evaluados, en Juventino Rosas, Gto. y La Piedad, Mich. Para rendimiento y otros caracteres de interés agronómico. Año 2001	49
4.5	Comportamiento promedio de los mejores híbridos en rendimiento y otros caracteres de interés agronómico, seleccionados mediante la media general y la media del mejor testigo. Incluye rendimiento predicho mediante el BLUP.....	53
4.6	Comportamiento promedio de las mejores cruzas en rendimiento y otros caracteres de interés agronómico, seleccionados mediante la media de cada tipo de craza y la media del mejor testigo. Incluye rendimiento predicho mediante el BLUP	55
4.7	Comportamiento promedio de las líneas seleccionadas con relación al comportamiento promedio del probador 1 (cruza simple)	57
4.8	Comportamiento promedio de las líneas seleccionadas con relación al comportamiento promedio del probador 2 (línea)	58
A1	Genealogía y tipo de craza de los híbridos experimentales y testigos, evaluados en Juventino Rosas, Gto. y La Piedad, Mich. año 2001	69
A2	Características generales y comportamiento promedio para rendimiento y otros caracteres, de los materiales experimentales y testigos, evaluados en Juventino Rosas, Gto. y La Piedad, Mich. 2001. Incluye predicción de rendimiento mediante el mejor predictor lineal insesgado.....	71
A3	Indicativo del comportamiento promedio para rendimiento y otras características de interés agronómico de las líneas y probadores evaluados en las dos localidades de estudio. 2001	72

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores fundamentales que ha contribuido a la gran capacidad y productividad de la agricultura, proporcionando cantidades crecientes de alimentos, lo constituye el mejoramiento genético. Particularmente en México y países de Latinoamérica, el maíz tiene una especial importancia, ya que es pilar fundamental en la alimentación humana y animal; por tal razón, la generalidad de los programas genotécnicos de este cultivo son encaminados hacia el logro de un mayor rendimiento por unidad de superficie cultivada.

Una de las estrategias del fitomejoramiento que ha redituado satisfactoriamente desde los años 1930's es la generación de variedades híbridas con materiales contrastantes y complementarios que reúnen buenos atributos agronómicos, lo cual se refleja prácticamente en la obtención de un mayor rendimiento. Sin embargo, uno de los problemas que los mejoradores han venido encarando en el proceso de obtención de estos materiales, es la identificación de líneas autofecundadas que demuestren un comportamiento superior en sus combinaciones híbridas (heterosis) lo cual, depende en gran medida de la fuente de germoplasma de partida y de los procedimientos de prueba a los que sean sometidas.

La evaluación de líneas sigue un patrón de aceptación general, que consiste primero en probar su Aptitud Combinatoria General (ACG) y subsecuentemente, la Específica, (ACE). Los procedimientos de prueba de ACG más generalizados son: las pruebas de mestizos y de líneas *per se*. Las pruebas de ACE consisten en cruzar las líneas que tienen valores altos de ACG, con un probador específico en común, que pueden ser principalmente una buena línea, o una crusa simple sobresaliente.

Sin embargo, definir cuál es el método más eficiente para la evaluación de líneas experimentales y particularmente cuál es el tipo de probador más adecuado, incluye una prolongada discusión por varios autores, tanto desde puntos de vista prácticos como teóricos; pero en ciertas circunstancias se ha llegado a un punto en que la diversidad de probadores que se están usando es tan amplia, sea por lo específico de su uso, como por los aspectos teóricos involucrados en ello, que no ha sido posible determinar sólo con base en estudios empíricos, cuál es el probador más adecuado.

En este contexto se realiza el presente trabajo, el cuál deriva de los proyectos de investigación que se llevan a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro a través del Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil” (IMM) para el área del Bajío mexicano, en el cuál se plantean los siguientes objetivos e hipótesis.

Objetivos

1. Identificar y seleccionar híbridos experimentales sobresalientes de maíz.
2. Seleccionar líneas que muestren un mejor comportamiento agronómico en base a los probadores utilizados.
3. Determinar cuál de los probadores utilizados es el mejor en la calificación de las líneas experimentales.

Hipótesis

1. Entre los híbridos evaluados existe al menos uno que iguala o rebasa en rendimiento y otras características agronómicas al mejor testigo.
2. De las líneas experimentales en proceso de calificación existen algunas que demuestran un mejor potencial en caracteres de importancia agronómica.
3. De los probadores utilizados uno es más efectivo en cuanto a la calificación de las líneas experimentales en estudio.

REVISIÓN DE LITERATURA

Las variedades comerciales de maíz y su importancia en la formación de nuevos híbridos

Antes de iniciar un programa de fitomejoramiento, es recomendable realizar la colección de germoplasma con variedades mejoradas a nivel regional, nacional e internacional, con condiciones ambientales mas o menos semejantes por latitud, altitud, fotoperíodo y precipitación pluvial entre otras.

Las variedades de polinización libre eran la única fuente germoplásmica, cuando se inició por primera vez el desarrollo de líneas puras (Richey, 1922; Sprague, 1955). No obstante, a partir de las épocas de los 80's, esta fuente de origen para la formación de líneas se ha ido reemplazando gradualmente cuando ya estuvo a disposición el material híbrido deseable que ha dado mejores expectativas (Brauer, 1985; Poehlman, 1987; Jugenheimer, 1988; Márquez, 1988).

Al respecto, Ron (1998) indica que las variedades mejoradas representan el germoplasma de partida más importante para el desarrollo de nuevas variedades híbridas en especies cultivadas y que los híbridos en generaciones avanzadas (F2 en adelante) en especies alógamas, como el maíz, constituyen las poblaciones segregantes de donde los

fitomejoradores pueden iniciar el proceso de mejoramiento genético sin tener que hacer cruzamientos entre progenitores.

Así mismo, Cortez (2002) menciona que es de utilidad para un programa de formación de híbridos, la colecta de híbridos comerciales, autofecundarlos y obtener la F2 y líneas más avanzadas, pero también clasificarlos por grupos y cuando se tengan las F4 representativas de cada procedencia se deben usar las líneas más puras y de un origen que se pueda tener certeza que nada tiene que ver con este germoplasma y así clasificarlas en los patrones heteróticos.

Desarrollo y obtención de líneas

Línea pura, es la denominación que se otorga a los individuos que contienen los mismos genes homocigotos para el o los caracteres que se desean establecer o mejorar y en maíz se obtiene por medio de autofecundaciones sucesivas empleando el control de la polinización, para obtener individuos genotípicamente idénticos entre sí.

La obtención de líneas puras en maíz puede lograrse mediante la autofecundación o por cruzamiento entre parientes cercanos. Sin embargo, la mayoría de las líneas puras que constituyen los híbridos de maíz en la actualidad, se han desarrollado por autofecundación constante, pues es el método para lograr la fijación de los caracteres más rápidamente y las plantas que han de ser autofecundadas se eligen por su vigor, porte, resistencia a enfermedades y otros caracteres favorables (Allard, 1967; Poey, 1978).

Cortez (2002) sugiere que el proceso de selección de líneas debe hacerse en el ambiente adecuado, y que por ningún motivo es aconsejable derivar la F4 en ambientes sin problemas, y que de ser posible se debe hacer lo mismo en los niveles F2 y F4 ya que de esta manera se practica selección para resistencia a enfermedades y otras características importantes.

En términos generales, existen dos procedimientos a seguir durante la formación de líneas puras: 1) formar líneas puras con generaciones avanzadas de autofecundación continua, realizando en cada ciclo agrícola las selecciones entre y dentro de las líneas en proceso de formación; 2) realizar en la primera o la segunda autofecundación la prueba temprana de las líneas que consiste en cruzar esas líneas con la variedad original o con otra variedad de amplia variabilidad genética, para formar lo que se conoce como “mestizos”. La evaluación de la ACG, de líneas es mejor practicando primero la prueba temprana, porque al continuar con S₃, S₄, S₅ ó niveles más avanzados solamente se dedicará trabajo a aquellas líneas que al homogeneizar sus caracteres, tendrán mayor probabilidad de seguir conservando una buena ACG (Galarza, 1973; Robles, 1986; Márquez, 1988).

En programas genotécnicos de maíz, el mejoramiento y desarrollo de líneas es un proceso dinámico y sistemático, en el cuál se involucran diferentes y nuevas metodologías de selección para identificar líneas con alta ACG en las primeras etapas que posteriormente son probadas por su ACE en cruzamientos entre ellas o mediante cruzamientos con una línea élite. Sin embargo, muchas de esas líneas aún cuando presentan alta ACG y ACE poseen algunas características importantes que todavía no se

encuentran a nivel deseado y deben mejorarse (Vergara, 1988; Ortiz, 1998; Cubero, 1999).

El éxito de un programa de hibridación por cuanto al desarrollo de líneas endogámicas con potencial para servir como progenitores de un proyecto intensivo de producción de semilla se basa en la frecuencia de líneas élite, por lo que al practicar la selección de líneas endogámicas se deben tomar en cuenta los siguientes dos atributos: a) la diversidad genética de la fuente germoplásmica de donde provienen; b) la correlación existente entre los caracteres de las líneas endocriadas y las progenies híbridas (Poey *et al.*, 1977; Ávila *et al.*, 1998).

Probadores

Una definición propuesta por Chávez (1995) es que un probador, es cualquier material genético (línea, variedad, híbrido, etc.) que permite medir la Aptitud Combinatoria (AC) de un grupo de líneas autofecundadas con el cual se cruza.

Hallauer y Miranda (1981) señalan que el uso de cruzas de prueba o formación de mestizos en el mejoramiento de maíz tiene uno de los siguientes objetivos: a) La evaluación de la Aptitud Combinatoria de las líneas en un programa de mejoramiento de hibridación, b) La evaluación del mejoramiento de los valores de los genotipos (plantas) para el mejoramiento de la población; y que en cada punto, el problema de seleccionar el probador es esencialmente el mismo, “encontrar el probador que aporte la mayor discriminación entre los genotipos de acuerdo al propósito de la selección”.

Según Jugenheimer (1988) el tipo de probador que se debe utilizar para la evaluación de líneas puras en combinación híbrida depende de la información deseada, sea la Aptitud Combinatoria General (ACG) o la Específica (ACE). En el primer caso, los probadores deben seleccionarse por su capacidad para determinar cuales líneas se combinan bien con muchas otras líneas; debido su a heterogeneidad, las variedades de polinización libre y los sintéticos generalmente se usan para determinar la ACG. Para el segundo caso, pueden usarse probadores adecuados para determinar qué líneas pueden sustituirse en los híbridos actuales o usarse en nuevos híbridos prometedores. Obviamente, la información sobre ACE, puede no proporcionar información confiable sobre la utilidad relativa de una línea pura cuando se cruza con otros probadores. Los progenitores femeninos de cruza simple constituyen excelentes probadores para determinar la ACE de cruza de tres elementos y las líneas probadoras se usan para cruza simples.

Evaluación de líneas

Palacios y Ángeles (1990) en la comparación de probadores para evaluar líneas S_1 de maíz, reportan que el mejor probador por ACG fue V-520C, *variedad de amplia base genética*, con frecuencia baja de alelos favorables para rendimiento; con ella obtuvieron la mayor variabilidad entre *mestizos* e identificaron un mayor número de buenas líneas. El híbrido doble H-507 fue mejor que una línea y una cruza simple para evaluar por ACE mostrando mayores medias de rendimiento de los mestizos en general y con ciertas líneas en particular.

La utilización de diferentes probadores y metodologías para evaluar y seleccionar líneas en niveles tempranos de endogamia (S_2 , S_3), resultan ser confiables cuando existe suficiente variabilidad genética. Sin embargo, los *probadores de reducida base genética* (cruza simple) han resultado ser los más adecuados en la discriminación y clasificación de las líneas ya que logran seleccionar genotipos superiores y dan información de mayor precisión al respecto (Duran, 1989; Latournerie, 1990; Briceño, 1990; Romero, 1996; Tosquy *et al.*, 1996; Gómez *et al.*, 2002).

En este contexto, (Hallauer y López, 1979; Calixto, 1990) en trabajos de evaluación y selección de líneas con niveles S_2 y S_3 de endogamia, concluyen que la utilización de una *línea pura* como probador permitió un amplio rango para seleccionar líneas de buen comportamiento agronómico.

Heterosis

La heterosis del maíz ha merecido considerable atención, a causa del notable efecto que presenta en aumentar la producción. Este incremento de la productividad del maíz al cruzar diferentes bases genéticas fue percibido por primera vez por G. H. Shull y E. M. East a finales del siglo XIX, quienes realizaron los trabajos pioneros que explican en cierto grado los fenómenos que estaban ocurriendo al autofecundar el maíz y posteriormente al cruzar las líneas autofecundadas, y también en alguna forma sugirieron su aprovechamiento agrícola (Strickberger, 1974; Márquez, 1988).

El grado de diversidad genética ha tenido impacto en la expresión de la heterosis, y se ha llegado a afirmar que, en términos generales, las cruzas entre materiales ampliamente divergentes en cuanto a sus relaciones ancestrales y orígenes geográficos, producen un incremento en heterosis a causa de la diversidad genética que se suscita entre las poblaciones o líneas que de ellas se deriven (Lonquist y Gardner, 1961; Moll *et al.*, 1962; Paterniani y Lonquist, 1963).

Al respecto Robles (1986) indica que para obtener mayores expresiones de heterosis, entre mas divergentes sean las expresiones de un carácter en los progenitores, se espera mayor expresión en el carácter del híbrido; por lo tanto, en fitomejoramiento, de preferencia se deben usar como progenitores a líneas puras con el carácter contrastante, para que el híbrido contenga sus genes en estado heterocigótico, debido a que la base genética fundamental de la manifestación de la heterosis es precisamente la heterocigosis en genes de herencia cuantitativa y en algunos casos en caracteres cualitativos.

La heterosis se manifiesta principalmente en las plantas de la generación F1 provenientes de semilla híbrida. Por lo que es necesario repetir los cruzamientos para cada cosecha; sin embargo, su importancia y utilización, depende de los incrementos del rendimiento, de la adquisición de otros caracteres agronómicos deseados, de la facilidad de la hibridación o del bajo costo de la producción de semilla; las plantas de maíz satisfacen estos requisitos de manera excepcional (Jugenheimer, 1988).

Hibridación en maíz

Los híbridos son la primera generación que resulta del cruzamiento entre dos progenitores, cuyas características principales son la manifestación de heterosis y la uniformidad de sus caracteres agronómicos; sobre todo si los progenitores son líneas puras homocigóticas, contrastantes en sus genotipos; resultando así, una población F1 heterocigótica y homogénea altamente vigorosa y productiva, (Robles, 1986).

El esquema general de la obtención de híbridos consta de los siguientes tres pasos: 1) Obtención, evaluación y selección de progenitores, 2) mantenimiento de los mismos garantizando su entidad a lo largo del tiempo y, 3) producción de la semilla híbrida comercial (Poehlman, 1987; Cubero, 1999).

Híbridos simples

Las cruza simples son materiales que tienden a ser de rendimiento ligeramente mayor y más uniformes en las características de la planta y la mazorca que otros tipos de híbridos. (Robles, 1986; Jugenheimer, 1988; López, 1995), pero la semilla de este tipo de cruza tienen un alto costo de producción, debido a que se genera forzosamente en plantas de líneas autofecundadas, las cuales son plantas muy raquílicas que producen mazorcas mal formadas, pequeñas con pocos granos y por ende poca producción de semilla (Chávez, 1995; López, 1995).

Sin embargo este tipo de cruza son el principal tipo comercial de híbridos cultivados en la Faja Maicera de los E. U. desde los años 60's, en donde los

fitomejoradores utilizan el método de Selección por Pedigrí para el desarrollo de líneas endogámicas progenitoras y la prueba de *Top cross* en muchos ambientes para identificar líneas con buena Aptitud Combinatoria Especifica que posteriormente liberan en el híbrido comercial (Coutiño *et al.*, 1998).

Una modificación a las cruzas simples, ha generado otro tipo de cruza especial, la cruza simple modificada [(AxA')xB], que tiene la mayoría de las ventajas de las CS ordinarias. Este tipo de cruzas consiste en que el progenitor femenino o de semilla (AxA'), hace uso de cruzamientos entre sublíneas derivadas de una línea de endocria deseable, estas cruzas (AxA') generalmente son mas vigorosas y de mayores rendimientos que las líneas puras, por tanto, la semilla puede producirse con costos menores que las cruzas simples ordinarias.

Híbridos triples

Generalmente, la semilla de cruzas trilineales (AXB)xC tiene menor costo de producción que la de cruzas simples, aunque mayor que las cruzas dobles. Las plantas de una cruza triple no son tan uniformes como las de una cruza simple, lo cual se debe a que en la mayoría de los casos no es posible que combinen bien todos los pares de genes de las tres líneas para caracteres favorables (Robles, 1986; Chávez, 1995). Este tipo de cruzas se deben producir cuando se dispone de tres líneas que tengan una excelente combinación.

Híbridos dobles

La semilla de un híbrido doble que se utiliza para la siembra comercial es producido sobre uno de los híbridos simples, que produce dos o tres veces más que cualquier línea pura; y el otro híbrido simple produce polen en abundancia, por lo tanto hay que concederle menos terreno que si el genitor masculino fuese una línea pura ya que la semilla del híbridos simple tiene forma y tamaño normales. Además, las plantas de cruza simples soportan las condiciones adversas mucho mejor que las plantas de las líneas, reduciendo los riesgos en la producción de semilla (Allard, 1967).

Los híbridos de cruza dobles son ligeramente más variables en los caracteres de la planta y la mazorca que las cruza simples o las de tres elementos, lo cual puede ser una ventaja cuando el cultivo se siembre bajo condiciones adversas (Jugenheimer, 1988).

Evaluación y comparación de híbridos

Ávila *et al.*, (2002) al evaluar el comportamiento de híbridos trilineales de maíz, desarrollados de cruza simples Grupo heterótico “A” y líneas macho Grupo “B” para determinar el rendimiento y estabilidad de los mismos, encontraron que el mejor híbrido trilineal fue (CL-02198xCL-02199) x CL-RCW10 que rindió 7.34 t ha⁻¹, superando significativamente en 29% al material de referencia, y en un 14% al testigo comercial que rindieron 5.71 y 6.58 t ha⁻¹ respectivamente; también éste fue el material que mostró excelente resistencia al acame de raíz (16.2%) en comparación al testigo (47.3%) y un bajo porcentaje para mazorcas podridas (3.9%). La cruza simple hembra (CL-

02198 x CL-02199) rindió igual que el testigo comercial. Sin embargo, esta cruz presento menos porcentaje en pudrición de mazorca y acame de raíz, además de participar en cuatro de los seis mejores híbridos trilineales a través de localidades.

Jugenheimer (1957) estudió el desempeño y la uniformidad relativos de las características de la planta y la mazorca de varios tipos de híbridos. Los rendimientos más elevados y la mayor uniformidad se obtuvieron de los híbridos de cruz simple en comparación con los otros tipos de híbridos. Los híbridos de cruz doble tuvieron un rendimiento considerablemente más bajo y fueron más variables en los rasgos de la planta y la mazorca que los híbridos de cruz triple.

Weatherspoon (1970) evaluó los rendimientos de híbridos de cruza simples, triples y dobles de maíz y reporta que el rendimiento promedio de las cruza simples fue más elevado que el de las de tres elementos y de las cruza dobles, solo que algunas cruza simples parecieron ser más sensibles a las condiciones ambientales que las de tres elementos y las dobles.

Por su parte, Ron *et al.*, (1999) comparó los rendimientos de híbridos comerciales testigo, contra las variedades experimentales que incluían híbridos dobles, híbridos trilineales e híbridos simples formados de germoplasma élite de precocidad tardía e intermedia; no encontraron diferencias estadísticas para rendimiento entre híbridos dobles, triples e híbridos simples. Sin embargo estos últimos presentaron mayor varianza, en comparación con los otros tipos de híbridos, lo cual incrementa la probabilidad de identificar cruza simples superiores a las cruza triples y dobles.

Heredabilidad y predicción del rendimiento de híbridos

La heredabilidad de un carácter en el sentido amplio (H^2), es la relación que existe entre la varianza producida por la diversidad genotípica y la varianza total observada en la población y suele expresarse en tanto por ciento de la primera varianza respecto a la segunda. Cuando mayor es la heredabilidad de un carácter, mayor es el parecido medio entre un grupo de individuos y sus descendientes; pero, cuando mayor es la componente de la variación fenotípica debida al ambiente, menor es la correlación entre la manifestación del carácter en los progenitores y los descendientes, pues la varianza ambiental depende de las condiciones de cultivo y manejo; así, las condiciones más variables reducen la heredabilidad mientras que las condiciones más homogéneas la incrementan (De la Loma, 1985; Dudley y Moll, 1969; Falconer, 1983; Flores, 2001).

Gardner *et al.*, (2002) Mencionan que la heredabilidad en el sentido amplio tiene los siguientes usos principales: 1) revela las contribuciones relativas de factores genotípicos y ambientales a la vulnerabilidad del carácter, 2) hace posible estimar los valores esperados de las desviaciones genotípicas y ambientales.

Debido a lo anterior, la función más importante del conocimiento de la heredabilidad de un carácter en el estudio genético, es el papel predictivo que expresa la confiabilidad del valor fenotípico como indicación del valor reproductivo. Es decir: predecir el grado de progreso que pueda esperarse, al seleccionar por ese carácter a un grupo de reproductores en una población (De la Loma, 1985; Falconer, 1983; Flores, 2001).

Diseño de bloques incompletos

El objetivo del diseño experimental, consiste en lograr la estimación eficiente de los contrastes entre efectos de tratamientos, y permite estratificar el material experimental en unidades compactas llamadas *bloques*, los cuales son conjuntos de unidades experimentales más o menos homogéneas. Cuando los bloques resultan ser muy grandes por el número de tratamientos que comprende el experimento, se puede recurrir a los diseños de bloques incompletos para controlar la variabilidad del material experimental (Montgomery, 1991; Martínez, 1994).

Como su nombre lo indica, estos diseños están arreglados en bloques o grupos que son más pequeños que una repetición completa para eliminar la heterogeneidad en una cantidad mayor de la que es posible con otros diseños, y fueron desarrollados para experimentos en mejoramiento y selección de plantas en los que se desean hacer todas las comparaciones entre pares de tratamientos con igual precisión (Cochran y Cox, 1965).

Debido a que la mayoría de los investigadores se interesan en investigar los efectos de una variable respuesta y de las variaciones simultáneas de muchos factores, un gran número de diseños hace uso de combinaciones de tratamiento factorial; sin embargo, a medida que aumenta el número de factores el tamaño del experimento llega a ser prohibitivo, además; llega a ser difícil el control de la magnitud del error experimental. Por lo que en un intento de reducir dicho error a una magnitud razonable, se utiliza el principio de confusión para crear un grupo de diseños conocidos como

diseños de bloques incompletos que hasta ahora han demostrado ser muy eficientes en la experimentación agrícola (Ostle, 1983; Martínez, 1994; Padrón, 1996).

En lo referente a las operaciones del desarrollo experimental, los diseños en bloques incompletos no son más difíciles que los bloques al azar, solo que sí se requiere de trabajo adicional para construir y aleatorizar el diseño experimental, especialmente si se pone cuidado de hacer el mejor agrupamiento posible de las unidades experimentales; pero la ganancia de estos diseños sobre los bloques al azar depende del tipo del material experimental y adquieren mayor importancia cuando el número de tratamientos se incrementa (Cochran y Cox, 1965).

Prueba multivariada de medias

Los datos de variables múltiples se presentan en todas las ramas de la ciencia, casi todos los datos reunidos actualmente por los investigadores se pueden clasificar como de variables múltiples, los cuales se obtienen siempre que el investigador mide o evalúa más de un atributo o carácter de cada unidad experimental.

Los métodos multivariados permiten manejar estadísticamente a conjuntos grandes, complicados y complejos de datos que constan de una gran cantidad de variables medidas en números grandes de unidades experimentales. La importancia de estas pruebas aumenta al incrementar el número de variables que se están midiendo y el número de unidades experimentales que se están evaluando. Aunque existen distintas pruebas estadísticas multivariadas, el objetivo principal que persiguen, es resumir

grandes cantidades de datos por medio de relativamente pocos parámetros, por lo que el tema subyacente de éstas, es la simplificación. Además, el interés de estas pruebas, es encontrar las relaciones existentes entre las variables de respuesta, unidades experimentales (individuos), o bien, las variables de respuesta con las unidades experimentales (Hair *et al.*, 1992; Johnson, 2000).

Johnson (2000) denota una distinción entre los métodos multivariados ya que algunos se clasifican como “técnicas dirigidas por las variables”, en tanto que otras se clasifican como “técnicas dirigidas por los individuos”. Siendo las técnicas dirigidas por las variables aquéllas que se enfocan primordialmente en las relaciones que podrían existir entre las variables de respuesta que se están midiendo, mientras que las técnicas dirigidas por los individuos son las que se interesan principalmente en las relaciones que podrían existir entre las unidades experimentales o individuos que se están midiendo, o ambos.

El análisis mutivariado de la varianza (MANOVA) es una de las técnicas dirigidas por los individuos y particularmente, la prueba T^2 de Hotelling's es un caso especial del MANOVA, como lo es la prueba de t, del análisis de varianza univariado. Este método se puede usar cuando hay más de dos grupos por comparar, sin embargo también puede usarse para comparar dos grupos de individuos (dos vectores) (Tabachnick y Fidell, 1989).

Las comparaciones múltiples de medias de tratamiento sólo deben realizarse como un análisis suplementario de un análisis de varianza; es decir, únicamente después de haber realizado las pruebas F del análisis de varianza apropiado y de haber determinado que hay pruebas suficientes de la existencia de diferencias entre las medias de tratamiento. Por lo tanto, no es recomendable efectuar comparaciones múltiples cuando la prueba de F del análisis de varianza no indica diferencias entre un número de medias de tratamiento ya que podrían obtenerse resultados confusos y contradictorios porque las diferencias que pueden ocurrir pueden no ser reales, denominadas diferencias falsas positivas (Mendenhall y Sincich, 1997; Johnson, 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

El ensayo de rendimiento en este trabajo constó de 50 entradas de las cuales, 31 comprenden a las cruzas de prueba, 11 a híbridos dobles experimentales que se caracterizan por ser de ciclo precoz, y 8 testigos para rendimiento de grano.

En las 31 cruzas de prueba se utilizaron 27 líneas experimentales S_2 que se tienen bajo discriminación, derivadas de una población denominada “exótica”. Esta población fue constituida mediante la recombinación de híbridos provenientes de diferentes empresas, con buen potencial de adaptación al Bajío mexicano, y poseer el atributo de buena Aptitud Combinatoria General (ACG).

De estas 27 líneas experimentales S_2 , 21 fueron cruzadas con un híbrido simple, de porte enano, grano dentado y con adaptación al Bajío mexicano (Probador 1); el resto, con una línea proveniente del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) de porte normal, grano cristalino y con adaptación al subtrópico (Probador 2); esto se hizo para que la clasificación que hagan estos probadores permita separar a las líneas en grupos heteróticos, y así poder realizar cruzamientos dirigidos con altas expectativas de heterosis, ya que el fondo genético de las líneas es amplia y diversa.

Con el propósito de estimar el efecto de los dos diferentes probadores, cuatro de las líneas (L2, L5, L6 y L21) fueron cruzadas con los dos probadores (cruza simple y línea endogámica) como se indica en el Cuadro 3.1.

Los 11 híbridos dobles experimentales pertenecientes al Instituto Mexicano del Maíz de ciclo precoz (Cuadro 3.3), fueron incluidos para comparar el potencial que expresan los nuevos híbridos para precocidad.

Con la finalidad de medir el potencial de estos nuevos prospectos en cuanto a rendimiento y otros caracteres de interés agronómico se incluyeron ocho testigos diferentes entre sí, que también pertenecen al IMM, de los cuales 2 son híbridos de cruza simple, cinco híbridos triples y un híbrido doble, que son materiales élite que aún no han sido liberados comercialmente (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.1. Genealogía de las líneas experimentales S₂ incluidas en la evaluación.

Línea	Genealogía	Línea	Genealogía
1	Mezcla de híbridos –31	15	Mezcla de híbridos – 188
2	Mezcla de híbridos – 37 *	16	Mezcla de híbridos – 189
3	Mezcla de híbridos – 98	17	Mezcla de híbridos – 195
4	Mezcla de híbridos – 101	18	Mezcla de híbridos – 197
5	Mezcla de híbridos – 103 *	19	Mezcla de híbridos – 199
6	Mezcla de híbridos – 94 *	20	Mezcla de híbridos – 200
7	Mezcla de híbridos – 75	21	Mezcla de híbridos – 79 *
8	Mezcla de híbridos – 110	22	Mezcla de híbridos – 40
9	Mezcla de híbridos – 120	23	Mezcla de híbridos – 45
10	Mezcla de híbridos – 139	24	Mezcla de híbridos – 65
11	Mezcla de híbridos – 173	25	Mezcla de híbridos – 82
12	Mezcla de híbridos – 174	26	Mezcla de híbridos – 90
13	Mezcla de híbridos – 177	27	Mezcla de híbridos – 108
14	Mezcla de híbridos – 184		

* Líneas que se cruzaron con los dos probadores.

Cuadro 3.2. Genealogía de los probadores utilizados.

Probador	Genealogía
1	(232-10-11-A-A-A x ML S4-1)
2	CML - 373

Cuadro 3.3. Genealogía de los híbridos dobles experimentales del Instituto Mexicano del Maíz incluidos en la evaluación.

Híbrido	Genealogía
1	(MLS4N-7-1x255N-20-3-1) X (CAFIMExAN100-90)-18-2-6-8-A-Bx(ZAC58xAN100-90)-10-3-3-4-A
2	(351-296-1-5-6xP2437-2-2-A-A) X (MLS4N-7-1x255N-20-3-1)
3	(255N-20-3-1x232N-3-1-A-4-3-A) X (CAFIMExAN100-90)-18-2-6-8-A-Bx(ZAC58xAN100-90)-10-3-3-4-A
4	(CAFIMExAN100-90)-3-1-Bx(CFIMEx4346)-13-1-1-2-A-B X (LBCPC4S4xML S4-1)
5	(CAFIMEx232)-10-1-1-10-1-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B X (CAFIMExAN100-90)-18-2-6-8-A-Bx(CFIMEx4346)-13-1-1-2-A-B
6	(LBCPC4S4xML S4-1) X (CAFIMExAN100-90)-18-2-6-8-A-Bx(ZAC58xAN100-90)-10-3-3-4-A
7	(CAFIMEx232)-10-1-1-10-1-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B X (CFIMEx4346)13-1-1-2-A-B x (CAFIMExAN100-90)-3-1-B
8	(LBCPC4S4xML S4-1) X (CFIMEx4346)-13-1-1-2-A-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B
9	(CFIMEx4346)-13-1-1-2-A-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B X (LBCPC4S4xML S4-1)
10	(CAFIMExAN100-90)-18-2-6-8-A-Bx(CFIMEx4346)-13-1-1-3-A-B X (CAFIMEx232)-10-1-1-10-1-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B
11	(CFIMEx4346)-13-1-1-2-A-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B X (CAFIMEx232)-10-1-1-10-1-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B

Cuadro 3.4. Genealogía de los híbridos utilizados como testigos para rendimiento de grano.

Híbrido	Genealogía	Tipo de cruza
1	(232-10-11-A-A-A x ML S4-1) X 43-46-2-3-2	Triple
2	Mezcla de híbridos – 18 X CML –318	Simple
3	Mezcla de híbridos – 22 X CML – 318	Simple
4	(232-10-11-A-A-A x ML S4-1) X CML – 318	Triple
5	(232-10-11-A-A-A x ML S4-1) X CML – 373	Triple
6	(232-10-11-A-A-A x ML S4-1) X CML – 384	Triple
7	(232-10-11-A-A-A x ML S4-1) X AN7-R25-3-1-2-A	Triple
8	(P2437-2-2-A-Ax43-46-2-3-2-A-A-A) X (232-10-11-A-A-A x ML S4-1)	Doble

Localidades de estudio

La evaluación de los materiales se llevó a cabo en Juventino Rosas, Guanajuato (Localidad 1) y La Piedad, Michoacán (Localidad 2). Como localidades representativas del área del Bajío mexicano, por las condiciones ambientales predominantes y las características edáficas prevalecientes. La descripción geográfica y climática se muestra en el Cuadro 3.5.

Cuadro 3.5. Indica la localización geográfica y los factores climáticos en las dos localidades de estudio.

	Juventino, Rosas, Gto.	La piedad, Mich.
Coordenadas geográficas		
Latitud (Norte)	20°39'00''	20°20'00''
Longitud (Oeste)	101°00'00''	102°01'00''
Altitud (msnm)	1 750	1 700
Descripción climática		
Clima	Templado, con verano cálido	Templado, con lluvias en verano
Temperatura máxima (°C)	36.6	38.5
Temperatura mínima (°C)	0.8	3
Temperatura media anual (°C)	18.5	19.9
Tipo de clima	(A) Cb (W0) (W) (e) g	(A) Ca (W1) (W) (e) g
Precipitación media anual (mm)	727	935

García, 1987.

Manejo experimental

El arreglo de las parcelas se realizó en un diseño de bloques incompletos con arreglo alfabético. Los 50 tratamientos (híbridos simples, triples y dobles experimentales y testigos) fueron divididos en 5 grupos, conformando grupos de 10 tratamientos cada uno; con dos repeticiones.

La parcela experimental establecida en las dos localidades, constó de un surco de 5 m de largo, con 0.75 m de distancia entre surcos y 0.20 m de distancia entre plantas lo cual equivale a una densidad de población de 66,666 plantas/ha.

Siembra

Las siembras se efectuaron el día 16 de abril del año 2001 en Juventino Rosas; y en La Piedad, el día 11 de abril del mismo año. Se sembró en seco manualmente, depositando dos semillas por golpe, para posteriormente practicar el aclareo a manera de dejar una planta por mata y así asegurar el número óptimo de plantas por parcela útil.

Riegos

El cultivo se desarrolló bajo condiciones de riego, aplicando riego por gravedad, con laminas de riego que variaron en función de los requerimientos específicos del cultivo en cada localidad.

Fertilización

La fórmula de fertilización aplicada fue 190-90-00, la cuál fue distribuida en dos aplicaciones, la primera parte al momento de la siembra (100-90-00) y la segunda, cuando se realizó el primer cultivo.

Control de malezas

Se hizo con la aplicación de herbicidas preemergentes, en complemento con escardas y cultivos tanto manuales como mecánicos.

Cosecha

Se cosecho por parcela útil, en forma manual para posteriormente registrar el peso de campo y contenido de humedad.

Caracteres agronómicos evaluados

Días a floración masculina (DFM). Es el número de días transcurridos de la siembra hasta observar que el 50% de las plantas en cada parcela experimental presenten anteras dehiscentes (antésis).

Días a floración femenina (DFF). Comprende el número de días transcurridos desde la siembra hasta observar que el 50% de las plantas presenten estigmas receptivos en cada parcela.

Altura de planta (AP). Es la medida en centímetros que se obtuvo al tomar una planta representativa de la media, la cual se midió desde la base del tallo hasta la inserción de la hoja bandera.

Altura de mazorca (AM). Es el valor de la misma planta que se tomó para medir la altura, sólo que para este carácter se midió desde la base del tallo hasta el nudo de inserción de la mazorca principal.

Acame de raíz (AR). Es el porcentaje de plantas acamadas por parcela, considerando aquellas que presentaban una inclinación mayor de 30° con respecto a la vertical.

Acame de tallo (AT). Es el número de plantas, expresado en porcentaje, que presentaron el tallo quebrado por debajo de la mazorca principal.

Mala cobertura (MC). Es el por ciento de plantas cuya mazorca no se encontró cubierta totalmente por el totomoxtle (brácteas) en relación con el total de las mazorcas cosechadas en cada parcela.

Plantas con *Fusarium spp.* (PF). Por ciento de plantas que se observaron total o parcialmente dañadas por este hongo en cada parcela, con respecto al total de las plantas cosechadas.

Calificación de mazorca (CLM). Es una calificación visual de las mazorcas cosechadas por parcela útil que considera llenado de grano, sanidad, tamaño y uniformidad. La escala es de 1 a 4 (1 muy buena, 4 muy mala).

Peso de campo (PC). Es el peso total de mazorcas cosechadas por parcela útil, expresado en kilogramos.

Por ciento de humedad (%H). Para obtener este dato, se tomó un número de mazorcas representativas de la parcela, a las cuales se les desgranó de 3 a 5 hileras para obtener cerca de 250 gramos; esta muestra se somete a medida en un aparato *Dickie Jhon*, que determina la humedad del grano. Esta medición se hace al momento de la cosecha.

El peso de campo se expreso a peso seco (PS) usando la siguiente fórmula:

$$PS = (1 - \%H) \times PC$$

Donde: %H = Porcentaje de humedad; PC = Peso de campo.

Finalmente, el rendimiento ($t\ ha^{-1}$) en mazorca al 15.5% de humedad se obtuvo al multiplicar el peso seco, por el factor de conversión (FC), usando la siguiente ecuación:

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

Donde: FC = Factor de conversión para expresar el rendimiento de mazorca al 15.5% de humedad; APU = Área de parcela útil, que 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 al 15.5% de humedad; 1000 = Coeficiente para obtener el rendimiento en $t\ ha^{-1}$; 10 000 m^2 = Superficie de una hectárea.

Posteriormente, se procedió a la realización de los análisis de varianza correspondientes.

Al respecto, es muy importante recordar que cuando existe una heterogeneidad de varianzas en los datos, trae como consecuencia grandes diferencias en lo que se está evaluando, por lo tanto, los datos son susceptibles de ser analizados o comparados, mediante métodos estadísticos, para que posteriormente se lleve acabo la selección de los materiales mas sobresalientes.

En el presente trabajo, los caracteres evaluados como: rendimiento, días a floración femenina, días a floración masculina, así como altura de planta y altura de mazorca fueron caracteres que presentaron un coeficiente de variación considerado como aceptable. Sin embargo es importante hacer mención que los caracteres que fueron evaluados visualmente, expresados en por ciento, o a escala, son datos de apreciación, susceptibles a subjetividades por lo que son imprecisos y sus coeficientes de variación tienden a ser atípicos, a pesar de ello y apreciando su utilidad para poder descartar o seleccionar los materiales más sobresalientes se analizan y discuten en este trabajo.

Análisis estadísticos

Análisis de varianza

Con esta técnica se efectuó la comparación entre los materiales evaluados (tratamientos) para conocer las diferencias o similitudes estadísticas existentes; así como para saber el comportamiento de los mismos a través de los ambientes de prueba. Los análisis se efectúan para cada una de las variables de respuesta que integran este estudio.

Los análisis fueron realizados utilizando el diseño bloques incompletos, en el programa estadístico SAS versión 6.12. En el que se declararon aleatorias las fuentes de repeticiones y bloques, para obtener las pruebas exactas de F ; de la misma forma, el error estándar de los híbridos como de cruzas en general, se obtuvo para cada carácter en base al promedio de los errores estándar obtenidos mediante el procedimiento General de los Modelos Lineales (PROC GLM) y el Procedimiento de los Modelos Mixtos (PROC MIXED) respectivamente (SAS Institute, 1996).

Las características del ANVA del diseño bloques incompletos combinado entre localidades y sus respectivas fuentes de variación se detallan en el Cuadro 3.6, y el modelo lineal aditivo que sigue este diseño para explicar el efecto de sus componentes y sus interacciones es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + \lambda_{k(ij)} + \delta_l + (\alpha * \delta)_{il} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable aleatoria observable correspondiente a la i -ésima localidad, la j -ésima repetición por localidad, el k -ésimo bloque por localidad dentro de repetición y el l -ésimo tratamiento.

μ = Media general; α_i = Efecto de la i -ésima localidad; $\beta_{j(i)}$ = Efecto de la j -ésima repetición dentro de localidad; $\lambda_{k(ij)}$ = Efecto del k -ésimo bloque dentro de localidad, dentro de repetición; δ_l = Efecto del l -ésimo tratamiento, (cruzas simples, cruzas triples, cruzas dobles y testigos); $(\alpha * \delta)_{il}$ = Efecto conjunto de la i -ésima localidad y el l -ésimo tratamiento; ε_{ijkl} = Error experimental.Ç

$i = 1, 2, \dots, \alpha$ localidades.

$j(i) = 1, 2, \dots, \beta$, repeticiones por localidad.

$k(ij) = 1, 2, \dots, \lambda$, bloques por localidad por repetición.

$l = 1, 2, \dots, \delta$, tratamientos.

Cuadro 3.6. Formato del análisis de varianza para el diseño bloques incompletos combinado con localidades.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios
Localidad	(a-1)	$\sum_{i=1}^a \frac{Y_{i...}^2}{rbh} - \sum \frac{Y_{....}^2}{arbh}$	$\frac{SC_{Loc}}{GL_{Loc}}$
Rep/localidad	a (r-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^r \frac{Y_{ij..}^2}{bh} - \sum_{i=1}^a \frac{Y_{i...}^2}{rbh}$	$\frac{SC_{rep (loc)}}{GL_{rep (Loc)}}$
Blo/rep/loc	(ar) b-1	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^b \frac{Y_{ijk.}^2}{h} - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^r \frac{Y_{ij..}^2}{bh}$	$\frac{SC_{Blo (repLoc)}}{GL_{Blo (repLoc)}}$
Tratamientos	(h-1)	$\sum_{l=1}^h \frac{Y_{...l}^2}{arb} - \sum \frac{Y_{....}^2}{arbh}$	$\frac{SC_{Tratamientos}}{GL_{Tratamientos}}$
Tratam x Loc	(h-1)(a-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^h \frac{Y_{i..l}^2}{rb} - \sum_{i=1}^a \frac{Y_{i...}^2}{rbh} - \sum_{l=1}^h \frac{Y_{...l}^2}{arb} + \sum \frac{Y_{....}^2}{arbh}$	$\frac{SC_{TratamxLoc}}{GL_{TratamxLoc}}$
Error	Total - FV _{restantes}	$SC_{Total} - [SC_{Loc} + SC_{rep(loc)} + SC_{Blo(repLoc)} + SC_{Tratamientos} + SC_{TratamxLoc}]$	$\frac{SC_{Error}}{GL_{Error}}$
Total	arbh-1	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^b \sum_{l=1}^h Y_{....}^2 - \sum \frac{Y_{....}^2}{arbh}$	

Loc = Localidades; Rep/loc = Repeticiones dentro de localidades; Blo/rep/loc) = Bloques dentro de repeticiones dentro de localidades;
 Tratam x loc = Tratamientos por localidad.

Con la finalidad de hacer un análisis más preciso de los tratamientos (híbridos experimentales y testigos) incluidos, se procedió a una descomposición de los mismos, los cuales originaron otras fuentes de variación, quedando particionados en: Cruzas simples (CS), Cruzas triples (CT), Cruzas dobles (CD) y, testigos (Te). Al mismo tiempo, se realizaron comparaciones ortogonales en donde se compararon los híbridos experimentales (cruzas simples, triples y dobles) con el mejor de los testigos utilizados en donde cada contraste tiene un solo grado de libertad (Cuadro 3.7).

Cuadro 3.7. Grados de libertad para las fuentes de variación resultantes de la descomposición de tratamientos y sus respectivos contrastes ortogonales.

F. V.	G. L.
CS (c)	(c-1)
CT (d)	(d-1)
CD (e)	(e-1)
Te (f)	(f-1)
CS <i>vs</i> MT	1
CT <i>vs</i> MT	1
CD <i>vs</i> MT	1

vs: versus; CS= Cruza simple; CT = Cruza triple; CD= Cruza doble; Te= Testigos en general; MT = Mejor testigo.

Otra de las fuentes de variación afectada fue la de tratamientos x localidad. Esto con fines de estudiar la interacción de los diferentes genotipos a través de los ambientes de prueba, generándose así, otras cuatro fuentes de variación que se detallan en el Cuadro 3.8.

Cuadro 3.8 Indicativo de los grados de libertad generados de la descomposición de la fuente de variación tratamiento x localidad.

F. V.	G. L.
CS x Localidad	(c-1)
CT x Localidad	(a-1)
CD x Localidad	(d-1)
Te x Localidad	(a-1)
	(e-1)
	(a-1)
	(f-1)
	(a-1)

CS= Cruzas simples; CT = Cruzas triples; CD= Cruzas dobles; Te = Testigos.

Diseño de Bloques Completos al Azar

Este análisis de varianza (ANVA) se realizó con el propósito de estimar el comportamiento de las líneas experimentales, así como de los probadores que se usaron para la discriminación de las mismas con base en las diferencias o similitudes que se detecten entre sus efectos a través de las localidades de estudio. Esto se hizo siguiendo los mismos procedimientos del análisis anterior para obtener las pruebas exactas de *F*; el error estándar para cada carácter se obtuvo en base al promedio de los errores estándar de las líneas y probadores; utilizando los procedimientos PROC GLM y PROC MIXED, respectivamente. (SAS Institute, 1996; versión 6.12).

Al respecto, es importante mencionar que los dos probadores utilizados no se cruzaron con todas las líneas experimentales bajo estudio, razón por la cual se pueden tener problemas al interpretar las diferencias o similitudes en fuente de variación (Línea x Probador), pero se puede inferir en el efecto de probadores mediante el

comportamiento promedio de los cuatro híbridos que tuvieron como uno de sus progenitores a los dos probadores en común (Cuadro 3.9).

El modelo lineal aditivo que sigue este diseño es el que a continuación se detalla:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + \Psi_k + \delta_l + (\Psi*\delta)_{kl} + (\Psi*\alpha)_{ki} + (\delta*\alpha)_{li} + (\Psi*\delta*\alpha)_{kli} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable aleatoria observable, correspondiente a la i -ésima localidad, j -ésima repetición, k -ésima línea y el l -ésimo probador.

μ = Media general; α_i = Efecto de la i -ésima localidad; $\beta_{j(i)}$ = Efecto de la j -ésima repetición dentro de localidad; Ψ_k = Efecto de la k -ésima línea; δ_l = Efecto del l -ésimo probador; $(\Psi*\delta)_{kl}$ = Efecto de la k -ésima línea por el l -ésimo probador; $(\Psi*\alpha)_{ki}$ = Efecto de la k -ésima línea por la i -ésima localidad; $(\delta*\alpha)_{li}$ = Efecto del l -ésimo probador por la i -ésima localidad; $(\Psi*\delta*\alpha)_{kli}$ = Efecto de la k -ésima línea por el l -ésimo probador por la i -ésima localidad; ε_{ijkl} = Error experimental.

$i = 1, 2 \dots \dots \dots \alpha$ localidades.

$j = 1, 2 \dots \dots \dots \beta$ repeticiones.

$k = 1, 2 \dots \dots \dots \Psi$ líneas.

$l = 1, 2 \dots \dots \dots \delta$ probadores.

Cuadro 3.9. Formato del análisis de varianza para el diseño boques completos al azar combinado con localidades.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.
Loc	(a-1)	$\sum_{i=1}^a \frac{Y_{i...}^2}{rlp} - \sum \frac{Y_{....}^2}{arlp}$	$\frac{SC_{Loc}}{GL_{Loc}}$
Rep/Loc	a (r-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^r \frac{Y_{ij..}^2}{lp} - \sum_{i=1}^a \frac{Y_{i...}^2}{rlp}$	$\frac{SC_{rep (loc)}}{GL_{rep (Loc)}}$
Líneas	(l-1)	$\sum_{k=1}^l \frac{Y_{..k}^2}{arp} - \sum \frac{Y_{....}^2}{arlp}$	$\frac{SC_{Lineas}}{GL_{Lineas}}$
Probadores	(p-1)	$\sum_{l=1}^p \frac{Y_{...l}^2}{arl} - \sum \frac{Y_{....}^2}{arlp}$	$\frac{SC_{Pr obadores}}{GL_{Pr obadores}}$
Línea x Probador	(l-1) (p-1)	$\sum_{k=1}^l \sum_{l=1}^p \frac{Y_{..kl}^2}{ar} - \sum_{k=1}^l \frac{Y_{..k}^2}{arp} - \sum \frac{Y_{....}^2}{arlp}$	$\frac{SC_{Lineax Pr ob}}{GL_{Lineax Pr ob}}$
Líneas x Loc	(a-1)(l-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^l \frac{Y_{i.k}^2}{rp} - \sum_{k=1}^l \frac{Y_{..k}^2}{arp} - \sum_{i=1}^a \frac{Y_{i...}^2}{rlp} + \sum \frac{Y_{....}^2}{arlp}$	$\frac{SC_{Lineaxloc}}{GL_{lineaxLoc}}$
Probadores x Loc	(a-1)(p-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^p \frac{Y_{i..l}^2}{rl} - \sum_{i=1}^a \frac{Y_{i...}^2}{rlp} - \sum_{l=1}^p \frac{Y_{...l}^2}{arl} + \sum \frac{Y_{....}^2}{arlp}$	$\frac{SC_{probadorxloc}}{GL_{probadorxLoc}}$
Loc x Línea x Prob	(a-1) (l-1) (p-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^l \sum_{l=1}^p \frac{Y_{i.kl}^2}{r} - \sum_{i=1}^a \sum_{l=1}^p \frac{Y_{i..l}^2}{rl} - \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^l \frac{Y_{i.k}^2}{rp} - \sum \frac{Y_{....}^2}{arlp}$	$\frac{SC_{LocxLineax Pr ob}}{GL_{LocxLineax Pr ob}}$
Error	(a-1)(lp-1)(r-1)a	SCT - (SC _{Loc} + SC _{Rep(loc)} + SC _{Lineas} + SC _{Probadores} + SC _{Lineaxprob} + SC _{LineaxLoc} + SC _{ProbadoresxLoc} + SC _{LocxLineaxProb})	
Total	Arp - 1		

Loc = Localidades; Rep/loc = Repeticiones dentro de localidades.

Para ambos análisis estadísticos fue estimado el coeficiente de variación (CV) para conocer la eficiencia relativa en la conducción del experimento y obtener así el grado de confiabilidad de los Cuadrados Medios obtenidos de los análisis de varianza. Dicho coeficiente se calculó para cada una de los caracteres evaluados, mediante la siguiente formula:

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

Donde: CV = Coeficiente de variación; CMEE = Cuadrado medio del error experimental; \bar{X} = Media general del carácter.

Al detectar diferencias estadísticas para las fuentes de variación que incluyen los análisis de varianza de ambos diseños estadísticos (de los tratamientos principalmente), se procedió al ajuste de medias, auxiliado del PROC MIXED de SAS (SAS Institute, 1996). Ya que es un procedimiento que tiene implicaciones en la eficiencia y efectividad de estos análisis, debido a que combina efectos fijos y aleatorios en el modelo y calcula un error estándar más adecuado para comparar las diferencias entre tratamientos; esto permite seleccionar a los mejores tratamientos y llegar a recomendaciones más adecuadas.

Predicción de rendimiento

La predicción de rendimiento de los híbridos se hizo mediante el mejor predictor lineal insesgado (BLUP) de acuerdo al modelo mixto propuesto por Henderson (1975) el cuál se expresa como:

$$y = X\beta + Zu + e$$

Donde:

y es un vector de observaciones; X es una matriz de constantes conocidas determinadas por los efectos fijos representados en y; β es un vector de efectos fijos; Z es una matriz de constantes conocidas determinadas por los efectos aleatorios representados en y; u es un vector de efectos aleatorios; e es un vector de errores asociados a las observaciones.

Utilizando los procedimientos mixtos (PROC MIXED) de SAS; en el que se consideraron los efectos de los ambientes y de los híbridos como efectos aleatorios.

Prueba multivariada de medias

Este análisis se hizo con fines de obtener una información más amplia y por consiguiente una mejor explicación de la variación que se presenta entre los materiales evaluados (tratamientos), así como de las variables de respuesta que conforman esta investigación.

La prueba fue ejecutada específicamente sobre los tratamientos, utilizando como base de datos los promedios originales, es decir, promedios no ajustados, en donde se compararon los siguientes grupos (Híbridos): híbridos experimentales que incluye cruza simple y cruza triple *versus* cruza doble; híbridos experimentales *versus* mejor testigo; cruza simple *versus* cruza triple; cruza simple *versus* cruza doble; cruza simple *versus* mejor testigo; cruza triple *versus* cruza doble; cruza triple *versus* mejor testigo; cruza doble *versus* mejor testigo y Probador 1 *versus* probador 2. con esto se detectan las diferencias entre grupos (prueba multivariada) y seguidamente se analizan las variables con mayores discrepancias (prueba univariada) que marcan las diferencias entre grupos.

Estas pruebas se realizaron auxiliados del paquete STATISTICAL (versión 5) empleando la T^2 de Hotelling's en las pruebas multivariadas y la prueba de "t" independiente en las pruebas univariadas.

Metodología y criterio de selección

Para llevar a cabo la selección de las cruzas de prueba más sobresalientes, primero, se ordenaron con respecto al tipo de cruce, posteriormente en forma descendente respecto a la variable Rendimiento. Después, se seleccionó el testigo que demostró mejor comportamiento agronómico lo cual se definió mediante la comparación y estratificación entre testigos, seguidamente se procedió a la calificación de los híbridos, asignando un punto al material que presentará una media de rendimiento igual o mayor que el mejor testigo, y con respecto a los demás caracteres, se asignó un punto al que tuviera una media igual o inferior al mejor testigo. Al final, se realizó el conteo de puntos para cada cruce, para posteriormente seleccionar los materiales que presentaran el mayor puntaje y según el orden descendiente con respecto a rendimiento.

La misma metodología se utilizó para seleccionar a los mejores híbridos, aunque para esta selección, sólo se ordenaron con respecto a Rendimiento, sin importar el tipo de cruce, ya que se pretendió seleccionar los 10 mejores híbridos.

En cuanto a la selección de las líneas experimentales, se hizo en base a la media de cada probador, ya que cada probador se cruzó con un determinado número de líneas, asignando un punto a la que presentara un promedio igual o superior a la media del probador respectivo para el carácter rendimiento, y también un punto a la línea que presentara un promedio igual o inferior a la media del probador, para las otras variables de respuesta. Posteriormente se realizó un conteo general para seleccionar a las líneas que presentaran el mayor puntaje.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración de los cuadrados medios de los análisis del análisis de varianza del diseño bloques incompletos que se usó para comparar el efecto que tuvieron las fuentes de variación en los caracteres que componen este estudio se presentan en el Cuadro 4.1, incluyendo los niveles de significancia de los valores de F , lo cual indica las diferencias existentes entre las variables correspondientes.

Las diferencias encontradas en la fuente localidades se reflejan estadísticamente ($P < 0.01$) para rendimiento, altura de planta y altura de mazorca., y ($P < 0.05$) para días a floración masculina, días a floración femenina, acame de raíz y calificación de mazorcas. Esto es de esperarse cuando se trabaja en diferentes ambientes, debido a las diferentes condiciones ambientales que predominan en cada localidad.

Por su parte las repeticiones dentro de localidades, arrojaron diferencias ($P < 0.05$) en días a floración femenina y sanidad de las plantas únicamente, por lo que se puede inferir que las repeticiones logran extraer parte de la heterogeneidad existente en el lote experimental al detectar diferencias en estas variables.

Cuadro 4.1. Cuadros medios del análisis de varianza combinado para rendimiento y otras características agronómicas de los híbridos y testigos evaluados en Juventino Rosas, Gto., y La Piedad, Mich. Año 2001.

FUENTE DE VARIACIÓN	G. L.	REND. (t ha ⁻¹)	FLORACIÓN (días)				ALTURA (cm)		ACAME (%)		MC (%)	PF (%)	CLM (1-4)
			MAS	FEM	PLANTA	MAZORCA	RAÍZ	TALLO					
Localidad	1	374.689 **	2050.12 *	2190.63 *	27612.50 **	21841.00 **	3386.64 *	297.68 NS	83.21 NS	15770.00 NS	21.13 *		
Rep/Localidad	2	7.156 NS	83.97 NS	79.23 *	212.50 NS	295.25 NS	150.02 NS	123.77 NS	377.04 NS	2036.40 *	1.15 NS		
Blo /loc/rep	16	9.864 *	14.85 NS	12.71 *	664.97 **	554.66 **	163.09 **	53.17 **	234.40 *	245.14 *	0.25 NS		
Tratamientos	49	27.281 **	41.77 **	67.36 **	1559.16 **	842.04 **	83.934 NS	87.55 **	514.29 **	759.64 **	1.15 **		
CS	9	19.366 **	9.50 NS	6.51 NS	86.12 NS	183.67 NS	13.98 NS	14.15 NS	678.80 **	125.83 NS	0.57 *		
CT	20	32.324 **	15.57 NS	14.19 **	2755.00 **	1556.68 **	120.54 NS	23.88 NS	294.19 **	221.80 *	0.92 **		
CD	10	10.913 *	23.02 *	42.25 **	690.00 **	316.35 NS	85.79 NS	204.21 **	642.21 **	876.66 **	0.50 NS		
Te	7	28.954 **	14.30 NS	40.28 **	133.64 NS	120.84 NS	37.63 NS	40.00 NS	293.78 *	215.68 NS	0.56 NS		
CS vs MT	1	183.510 **	49.82 *	90.80 *	680.01 NS	545.19 NS	75.37 NS	87.57 *	2.58 NS	67.61 NS	0.00 NS		
CT vs MT	1	204.914 **	17.15 NS	47.39 **	1250.54 *	1180.67 *	1.97 NS	50.28 NS	7.59 NS	38.86 NS	1.89 **		
CD vs MT	1	178.129 **	40.63 *	60.85 **	1947.37 **	765.80 NS	11.78 NS	7.20 NS	393.05 NS	1600.96 **	0.69 NS		
Tratamiento x Localidad	49	8.113 *	13.84 NS	5.96 NS	273.87 NS	288.69 NS	79.72 NS	34.83 *	197.29 *	154.19 NS	0.31 NS		
CS x Localidad	9	3.506 NS	9.75 NS	6.11 NS	144.43 NS	124.33 NS	16.78 NS	17.28 NS	342.36 **	75.38 NS	0.26 NS		
CT x Localidad	20	10.954 **	14.63 NS	6.64 NS	442.08 *	467.60 **	114.62 NS	21.16 NS	131.14 NS	78.61 NS	0.27 NS		
CD x Localidad	10	3.226 NS	7.90 NS	3.26 NS	198.38 NS	236.19 NS	55.53 NS	80.14 **	225.81 NS	106.46 NS	0.26 NS		
Te x Localidad	7	6.246 NS	5.24 NS	1.94 NS	130.00 NS	141.38 NS	67.12 NS	42.38 NS	120.87 NS	83.75 NS	0.41 NS		
Error experimental		5.088	10.53	6.65	246.16	241.28	78.46	20.97	133.74	126.24	0.28		
C V (%)		16.053	4	3	7	13	155	117	62	58	23		
Media		14.050	83	85	235	123	6	4	19	19	2		
Rango		6.27-17.41	75 - 89	75 - 92	159 - 257	56 - 140	0 - 19	0 - 24	0 - 53	0 - 61	1 - 4		

**, * Diferencias estadísticas significativas con P < 0.01 y P < 0.05, respectivamente; NS = No significativo; CS = Cruza simple; CT = Cruza triple; CD = Cruza doble; Te = Testigos en general; MT = Mejor testigo; CV = Coeficiente de variación.

En los bloques dentro de repeticiones dentro de localidades hubo diferencias ($P < 0.01$) para porte de planta, porte de mazorca y acames tanto de raíz como de tallo, seguidos ($P < 0.05$) por rendimiento, días a floración femenina y sanidad en plantas. Estas diferencias explican la importancia de la realización de bloques ya que logran extraer parte de la variación que se presentan en los lotes de evaluación reduciendo así el error experimental (Cochran y Cox, 1965; Ostle, 1983; Martínez, 1994).

Estadísticamente, los tratamientos en general resultaron ser diferentes ($P < 0.01$) en la mayoría de las variables medibles como en las evaluadas visualmente, debido principalmente a las diferencias existentes entre progenitores ya que las líneas experimentales fueron derivadas de amplias bases genéticas en los diferentes programas de investigación de donde provienen. Con esto se explica la importancia de los híbridos comerciales y sus mejores expectativas para la selección de genotipos sobresalientes (Brauer, 1985; Poehlman, 1987; Márquez 1988).

La descomposición de tratamientos se hizo para un mejor análisis de los híbridos experimentales y testigos, lo cuál genera las siguientes fuentes de variación: líneas experimentales x probador 2 (cruzas simples); líneas experimentales x probador 1 (cruzas triples); cruzas dobles (cd) y testigos (te) que permitieran dar una mejor y más clara explicación de los comportamientos en las características evaluadas.

Las diferencias ($P < 0.01$) que denotaron las cruzas simples se concentran en rendimiento y mala cobertura así como en calificación de mazorca ($P < 0.05$). Como resultante de la variabilidad genética existente entre las líneas experimentales que fueron cruzadas con la línea proveniente del CIMMYT. Por su parte, las cruzas triples expresaron diferente potencial ($P < 0.01$) para rendimiento, días a floración femenina, porte de planta y de mazorca, mala cobertura y calificación de mazorca. Lo cuál es característico en este tipo de cruzas, pero principalmente estas diferencias se atribuyen a las diferencias existentes entre las líneas experimentales que se cruzaron con el probador 1 (cruza simple).

Los caracteres de mayor variación ($P < 0.01$) que presentaron las cruzas dobles fueron: días a floración femenina, porte de planta, acame de tallo y sanidad en plantas. Sin embargo, también en rendimiento y días a floración femenina se observaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$). Esto es razón de la amplia y compleja información genética que reúnen estos materiales, que por lo general tienden a expresarse fenotípicamente diferente y se considera como ventaja cuando se requieren sembrar bajo condiciones adversas (Jugenheimer, 1988).

En forma conjunta, los testigos se expresaron de manera diferente ($P < 0.01$) en rendimiento y días a floración femenina, y también presentaron diferencias aunque en menor grado ($P < 0.05$) en cobertura de mazorca. Esto se atribuye a la estructura de formación que los identifica, ya que esta fuente estuvo conformada por híbridos que se diferencian tanto por contener diferente información genética como por emplear diferente número de progenitores (híbridos simples, triples y dobles).

Los contrastes ortogonales que incluye el análisis de varianza se hicieron para comparar el potencial agronómico de los materiales experimentales (cs, ct y cd) con respecto al mejor testigo (mt) y a continuación se detallan las diferencias encontradas.

Desde un panorama general se observa la superioridad que presenta el mejor testigo en comparación con los materiales experimentales (cs, ct y cd) y lo demuestra estadísticamente al presentar diferencias ($P < 0.01$) en las tres comparaciones ortogonales para rendimiento, días a floración femenina y ($P < 0.05$) para días a floración masculina seguidos de porte de planta. Destacando por su mayor rendimiento y ciclo intermedio (Cuadro 4.2).

En el mismo Cuadro 4.2, se observa que los híbridos experimentales presentan valores muy similares para rendimiento de grano, lo cual indica que tanto los híbridos de cruce simple como los de cruce doble tuvieron el mismo potencial para este carácter y se infiere en que puede ser una ventaja para que los híbridos dobles que sean seleccionados puedan ser explotados comercialmente con un valor aceptable para los productores.

Los resultados encontrados son similares a los que reportan Ron *et al.* (1999), quienes no encontraron diferencias estadísticas significativas para rendimiento, al evaluar el comportamiento de cruces simples, triples y dobles experimentales.

Cuadro 4.2. Comportamiento promedio para rendimiento y otras características agronómicas de los híbridos experimentales y del mejor testigo evaluados en las dos localidades de estudio. Año 2001.

CRUZA	REND	DFM	DFE	AP	AM	AR	AT	MC	PF	CLM
	(t ha ⁻¹)	(días)		(cm)				(%)		(1-4)
CS	13.796	86	88	237	125	2	1	16	12	2
CT	13.466	84	87	232	120	7	3	15	14	3
CD	13.836	78	78	227	123	7	9	29	41	2
MT	20.804	81	83	252	137	8	7	16	19	2
MG	14.050	83	85	235	123	6	4	19	19	2
S _x	1.19	1.77	1.47	8.44	8.27	4.69	2.50	6.08	6.59	0.27

CS = Cruzas simples; CT = Cruzas triples; CD = Cruzas dobles; MT = Mejor testigo; MG = Media general; S_x = Error estándar de la media; t ha⁻¹ = Rendimiento en toneladas/ha.

Analizando en forma conjunta la interacción de los genotipos en los ambientes de prueba, se observó que los caracteres afectados significativamente ($P < 0.01$) fueron: rendimiento, acame de tallo y mala cobertura. Como indicativo de la sensibilidad de algunos materiales para responder a la influencia que tuvo el ambiente al que estuvieron expuestos.

Específicamente en los híbridos de cruce simple se observó un excelente comportamiento en los dos ambientes de prueba, ya que la mayoría de los caracteres de mayor importancia no indicaron interacción, a excepción de mala cobertura de mazorca que resultó con diferencias ($P < 0.01$) significativas. Por su parte las cruces triples fueron más variables, arrojando diferencias ($P < 0.01$) en rendimiento, porte de planta y porte de mazorca, lo que indica que estos híbridos fueron los de mayor índice de interacción ya que en los híbridos de cruce doble sólo se registró diferencias ($P < 0.01$) en acame de tallo y los testigos tuvieron nula interacción.

Estos resultados confirman el potencial de adaptación de los genotipos evaluados ya que las dos localidades de estudio tienen condiciones ambientales similares que caracterizan el área del Bajío mexicano, por lo que no se observaron diferencias estadísticas en los comportamientos de los tratamientos para la mayoría de las variables de respuesta a excepción de los híbridos triples.

Análisis de líneas y probadores

Los resultados obtenidos del análisis de varianza del diseño bloques completos al azar para comparar el efecto de líneas y probadores se presentan en el Cuadro 4.3; a continuación se discuten las diferencias encontradas por fuente de variación.

La variación en condiciones ambientales que se presentaron en las localidades de estudio repercutieron en los genotipos incluidos, al expresar diferencias ($P < 0.01$) para rendimiento, porte de planta y de mazorca, acame de tallo y subsecuentemente, días a floración masculina y femenina, así como mala cobertura. Como caracteres sensibles a los efectos del medio con que interactuaron (fertilidad, humedad, temperatura, etc.).

Las repeticiones dentro de localidad resultaron con diferencias ($P < 0.01$) para precocidad y sanidad en plantas, de lo que se deduce el control de la variación atribuido al eficiente manejo agronómico del experimento tratando de darle las mismas condiciones en las dos repeticiones para lograr un mejor control del error experimental y obtener resultados más precisos.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios del diseño bloques al azar para rendimiento y otras características agronómicas de las líneas y probadores evaluados en Juventino Rosas, Gto., y La Piedad, Mich. Año 2001.

FUENTE DE VARIACION	G. L.	REND. (t ha ⁻¹)	FLORACIÓN (días)		ALTURA (cm)		ACAME (%)		MC (%)	PF (%)	CLM (1-4)
			MASC.	FEM.	PLANTA	MAZORCA	RAÍZ	TALLO			
Localidad	1	150.726 **	1119.07 *	880.90 *	11239.00 **	8666.20 **	793.51 NS	323.17 **	454.21 *	4593.30 NS	5.79 NS
Rep /Localidad	2	1.931 NS	69.83 **	57.58 **	235.88 NS	240.32 NS	382.58 **	22.94 NS	61.10 NS	2049.00 **	1.49 **
Línea	26	28.765 **	17.12 NS	16.47 *	2414.13 **	1341.40 **	81.25 NS	19.00 NS	543.15 **	194.72 NS	0.96 **
Probador	1	3.592 NS	34.03 NS	16.53 NS	282.03 NS	0.78 NS	270.28 NS	2.00 NS	221.00 NS	586.53 *	4.50 **
línea x Probador	3	40.750 **	18.53 NS	5.69 NS	338.28 NS	107.03 NS	40.11 NS	12.08 NS	331.25 *	194.61 NS	0.08 NS
Línea x Localidad	26	9.130 NS	12.81 NS	6.29 NS	297.19 NS	333.71 NS	58.43 NS	17.68 NS	121.00 NS	88.68 NS	0.29 NS
Probador x Localidad	1	3.531 NS	0.28 NS	2.53 NS	7.03 NS	0.78 NS	47.53 NS	55.13 *	288.00 NS	175.78 NS	0.50 NS
Línea x Probador x Loc	3	6.232 NS	5.28 NS	0.86 NS	75.78 NS	82.03 NS	43.86 NS	28.38 NS	439.92 NS	209.86 NS	0.08 NS
Error experimental	60	6.324	10.54	10.24	389.64	364.48	78.45	13.48	113.25	133.85	0.32
C V (%)		18.51	3.83	3.66	8.44	15.74	164.91	148.28	68.84	89.66	24.14
Media		13.583	85	87	234	121	5	3	15	13	2

**, * Diferencias estadísticas significativas con $P < 0.01$ y $P < 0.05$, respectivamente.

NS = No significativo.

C V = Coeficiente de variación.

Las líneas experimentales arrojaron diferencias significativas ($P < 0.01$) para rendimiento, porte de planta y mazorca, mala cobertura y calificación de mazorcas. Como resultado de la amplia y diversa base genética de donde fueron derivadas, lo cual indica que podrán elegirse las que expresen mejores atributos y prometan un buen futuro para el desarrollo de nuevos híbridos con base en estos caracteres (Duran 1989; Briceño, 1990; Romero, 1996).

Los probadores incluidos sólo presentaron diferencias ($P < 0.01$) en calificación de mazorcas y subsecuentemente en sanidad de las plantas. Estas diferencias se atribuyen a la estructura de formación y contenido genético que identifica a cada probador (contrastantes). Siendo el probador 2 (línea) que presenta una mejor calificación de mazorcas, mientras que el probador 1 (cruza simple) resultó más afectado por el daño por *Fusarium*, lo cuál puede ser una ventaja entre probadores al no enmascarar la susceptibilidad de las líneas experimentales a este género de hongo (Cuadro A3).

El efecto línea por probador demostró diferencias ($P < 0.01$) para rendimiento y subsecuentemente para mala cobertura de mazorca, únicos caracteres que resultaron con comportamientos diferentes de las líneas con cada probador. Sin embargo, esta observación se hizo en base al promedio del cruzamiento de cuatro líneas con ambos probadores por lo que se tienen limitantes en la interpretación de estos resultados.

En la interacción de las líneas experimentales con el ambiente se observa ampliamente que son materiales con adaptación al área de estudio ya que no presentan discrepancias estadísticas, lo cual reducen las probabilidades de equivocación al seleccionar aquellas líneas que reúnan los atributos deseables para fomentar la generación de nuevos y mejores híbridos.

Algo similar ocurre con los probadores ya que no demostraron diferencias significantes en todos los caracteres cuantitativos evaluados. Lo que indica que la variación en condiciones ambientales a través de las áreas de estudio no afectó la expresión de estos genotipos.

Los resultados de los análisis estadísticos hasta aquí discutidos indican cierto grado de confiabilidad al observar que los coeficientes de variación (CV) en cada variable de estudio oscilan entre rangos aceptables para los caracteres que tuvieron una distribución normal (caracteres medibles). Sin embargo, las características estimadas en porcentaje (caracteres no paramétricos) presentan valores relativamente altos, lo que normalmente suele ocurrir con este tipo de variables, pero sin duda tienen importancia, porque sus valores fueron estimados a través de la apariencia fenotípica que los genotipos mostraron en etapas de precosecha y cosecha.

Prueba multivariada de medias

El Cuadro 4.4 enmarca los resultados que se obtuvieron de las pruebas, tanto multivariadas como univariadas que fueron realizadas como complemento a la información obtenida de los análisis de varianza antes discutidos. Realizando la comparación múltiple entre los tratamientos (híbridos experimentales y mejor testigo) que derivan del análisis de varianza del Cuadro 4.1, clasificados de acuerdo al tipo de cruza que pertenecen.

También se incluye la comparación entre probadores como complemento a la información obtenida del análisis de varianza del Cuadro 4.3 y se especifican las diferencias estadísticas ($P < 0.05$ y $P < 0.01$) encontradas en las pruebas multivariadas (T^2 de Hotelling) y univariadas (t independiente).

Cuadro 4.4. Indicativo de la comparación multivariada y univariada de los genotipos evaluados en Juventino, Rosas, Gto., y La Piedad Mich. para Rendimiento y otros caracteres de interés agronómico. Año 2001.

	Genotipos								
	He (cs, ct)		cs			ct		cd	P1
	vs.		vs.			vs.		vs.	
	cd	mt	ct	cd	mt	cd	mt	mt	P2
Prueba multivariada	**	NS	**	**	**	**	NS	NS	**
Variables	Prueba univariada								
REND	NS	**	NS	NS	*	NS	*	**	NS
DFM	**	NS	NS	**	*	**	NS	NS	**
DFE	**	*	NS	**	**	**	NS	NS	**
AP	NS	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	NS
AM	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
AR	NS	NS	**	**	**	NS	NS	NS	**
AT	**	*	**	**	**	**	NS	NS	*
MC	**	NS	NS	*	NS	**	NS	NS	NS
PF	**	NS	NS	**	NS	**	NS	NS	**
CLM	NS	NS	**	**	NS	NS	NS	NS	*

**,* Diferencias significativas con (p<0.01 y p<0.05) respectivamente. NS = No significativo.

cs = Cruzas simples, ct = Cruzas triples, cd = Cruzas dobles, mt = Mejor testigo, He = Híbridos experimentales, vs. = Versus, P1 = Probador 1, P2 = Probador 2.

La comparación múltiple realizada entre los híbridos experimentales (He) que incluye a cs, ct vs cd, arroja diferencias (P<0.01) como grupos; las variables causantes de tal efecto son: días a floración masculina y días a floración femenina, esto debido a que los híbridos dobles se caracterizan por ser de ciclo precoz. No obstante, estos individuos presentaron mayor índice de acames, de mala cobertura y menor sanidad en cuanto a *Fusarium*. Sin embargo, en rendimiento de grano tanto los híbridos

experimentales como las cruzas dobles tuvieron un promedio similar (Cuadro 4.2) lo cual confirma que los híbridos dobles tienen el mismo potencial para rendimiento que las cruzas simples y triples y los sitúa bien y elegibles para su explotación, como lo mencionan Ron *et al.* (1999).

Al realizar la comparación multivariada de los híbridos experimentales (cs y ct) *versus* mejor testigo (mt), resultaron ser grupos indiferentes. Sin embargo las comparaciones univariadas detectaron diferencias para rendimiento, precocidad y acames, en donde destaca el mejor testigo por presentar un mayor rendimiento y menor días a floración (Cuadro 4.2).

La comparación múltiple específica de cs *vs* ct, detectó diferencias ($P < 0.01$). y la mayor variación se concentró en acames, y apariencia de mazorcas; las cs resultaron menos afectadas por acames y mejor calificación de mazorcas lo cual es de esperarse en este tipo de cruzas (Robles, 1986; López, 1995). Sin embargo, en rendimiento tuvieron promedios muy similares.

Otra de las comparaciones específicas fueron las cs *vs* cd, en donde los híbridos de cruce doble repiten la precocidad que los caracteriza, pero muestran valores considerables de acame y sanidad que deben mejorarse ya que en rendimiento tuvieron la media más cercana a la media general.

De acuerdo a la comparación multivariada *cs vs mt*, demuestra que son grupos diferentes ($P < 0.01$) en comportamientos agronómicos, y se explica por la superioridad del mejor testigo en rendimiento y ligera precocidad, aunque las *cs* hallan presentado excelentes promedios en acames.

Por otro lado, las *ct vs cd*, en la comparación multivariada resultan ser grupos diferentes ($P < 0.01$) con atributos diferentes en precocidad y sanidad. Siendo las *cd* las que tienen problemas considerables en sanidad. Sin embargo tienen el rendimiento más cercano a la media general que las *ct*. Mientras que al comparar las *ct* con el mejor testigo la prueba univariada sólo detectó diferencias ($P < 0.05$) en rendimiento en donde es rebasada significativamente por el mejor testigo. Lo que también sucedió al comparar las cruza dobles *versus* mejor testigo Cuadro 4.2.

En el análisis de probadores, la prueba multivariada arrojó resultados que indican las diferencias ($P < 0.01$) como grupos; al analizarlos de manera univariada las variables que presentaron mayor discrepancia fueron las relativas a precocidad, acames y sanidad, en donde la línea proveniente de CIMMYT (probador 2) presentó dos días a floración más, que el probador 1 en sus combinaciones híbridas. En tanto que en acames y sanidad el probador 1 resultó más afectado (Cuadro A3). Por lo que de esto se puede inferir que el mejor probador puede ser la crusa simple (probador 1) en base a los efectos que se observaron en el comportamiento promedio de su progenie, ya que como se discute en el análisis de varianza, son resultados que permiten expresar el potencial genético de las líneas experimentales para tolerar estos daños y demostrar sus máximos atributos para ser seleccionadas.

Selección de híbridos

En el Cuadro 4.5 se presentan los materiales seleccionados, en cumplimiento del primer objetivo planteado en el presente trabajo. De los cuales se observó que los híbridos 25 (cs), 19 (ct), 3 (cd) y 31 (cs), fueron posicionados en los cuatro primeros lugares por demostrar los rendimientos más altos en comparación con los restantes, además de presentar buena sincronización floral, de lo cuál se infiere la eficiencia que se puede lograr en la polinización y fecundación de gametos y se reflejaría prácticamente en rendimiento. En cuanto a porte de planta, estos materiales se consideran de porte intermedio al (2.3 – 2.5 m de altura) por lo que no demuestran problemas de acame y dan buenas expectativas para su explotación con doble propósito (grano y forraje).

En los siguientes cuatro lugares fueron posicionados los híbridos 30 (cs), 9 (ct), 11 (ct) y 29 (cs) quienes no demuestran excelente sincronía floral. Sin embargo, tuvieron rendimientos aceptables además de porte normal y comportamientos similares al que demostraron los primeros cuatro híbridos en las variables consideradas en este estudio.

En la observación conjunta de los híbridos seleccionados en cuanto a rendimiento los híbridos experimentales no lograron superar al mejor testigo. Sin embargo, superan a la media general a excepción de los híbridos 15 y 2.

Cuadro 4.5. Comportamiento promedio de los mejores híbridos en rendimiento y otros caracteres de interés agronómico, seleccionados mediante la media general y la media del mejor testigo. Incluye rendimiento predicho mediante el BLUP.

ENT	LUGAR	CRUZA	PROGENITORES	REND. (t ha ⁻¹)		FLORACIÓN (días)		ALTURA (cm)		ACAME (%)		MC (%)	PF (%)	CLM (1-4)
				Observ.	Pred.	Mas.	Fem.	Planta	Mazorca	Raíz	Tallo			
25	6	Simple	Línea 2 x P2	17.389	16.509	84	86	236	123	0	2	45	15	2
19	7	Triple	P1 x Línea 18	16.999	16.118	84	87	256	134	14	0	6	10	3
3	11	Triple	P1 x Línea 2	16.012	15.734	83	85	245	128	1	0	24	12	2
31*	14	Simple	Línea 26 x P2	15.739	15.241	85	86	247	132	0	0	11	10	2
30*	17	Simple	Línea 25 x P2	15.287	14.956	84	89	242	129	2	2	0	14	1
9	21	Triple	P1 x Línea 8	14.859	14.426	80	83	234	125	5	3	2	16	3
11	27	Triple	P1 x Línea 10	14.009	13.889	82	85	233	119	2	0	17	9	2
29	31	Simple	Línea 21 x P2	13.750	13.923	86	89	234	128	1	0	5	9	2
15	36	Triple	P1 x Línea 14	12.897	13.329	83	84	245	120	13	4	33	5	4
2	44	Triple	P1 x Línea 1	11.224	12.006	86	89	243	104	2	0	36	0	3
35	1	MT	(Cuadro A1)	20.804	18.670	81	83	252	137	8	7	16	19	2
			MEDIA GRAL.	13.642	14.048	85	85	232	122	6	4	19	20	2
			S _x	1.19	1.8	1.7	1.4	8.4	8.2	4.6	2.5	6.0	6.5	0.2

* Híbridos más sobresalientes; MC = Mala cobertura de mazorca; PF = Plantas con *Fusarium*; CLM = Calificación de mazorca; P1 = Probador 1; P2 = Probador 2; MT = Mejor testigo; S_x = Error estándar de la media.

Considerando el comportamiento de los híbridos en las variables medibles como en las evaluadas visualmente, el mejor de los materiales experimentales es el 31 (Línea 26 x CML-373) por presentar excelente sincronía floral, resistencia al acame y sanidad aceptable y específicamente en rendimiento superó a seis de los materiales experimentales con 15.739 t ha⁻¹.

Como el segundo mejor híbrido fue considerado el 30 (Línea 25 x CML-373) con un rendimiento de 15.287 t ha⁻¹, buena calificación de mazorcas, porte intermedio y tolerante al acame, sólo que presentó mayor asincronía floral con diferencia de cinco días, y susceptibilidad a *Fusarium*; caracteres que deberán considerarse para su mejora.

En el mismo Cuadro 4.5 se observó que la mayoría de los híbridos seleccionados pertenecen a híbridos de tres líneas (seis). Esto como resultado de la mayor varianza que registraron sus caracteres ya que en la mayoría de los casos no es posible que combinen bien todos los pares de genes de las líneas (Robles 1986; Chávez, 1995). Permitiendo así, la entrada de un mayor número de estos híbridos en la selección.

Clasificación de cruzas

Los resultados sobre cruzas se concentran en el Cuadro 4.6, en el que se denotan los híbridos más sobresalientes, señalados selectos en base a la media general de cada tipo de crusa y el comportamiento promedio del mejor testigo. Debido a que la media general de las cruzas y la media general de cada tipo de crusa son muy similares, la mayoría de las cruzas simples son repetitivas con la selección anterior, por lo que no se ahondará en la descripción de las mismas.

Se consideró como mejor crusa triple la 11 (232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Línea-10; por presentar un promedio inferior a la media de este tipo de híbridos en días a floración, porte de planta y buena sanidad.

La segunda mejor crusa triple fue la 3 (232-10-11-A-A-AxML S4-1 X Línea 2), clasificado en segundo lugar en rendimiento, de ciclo intermedio y comportamientos aceptables en la mayoría de los caracteres que se evaluaron visualmente.

Cuadro 4.6. Comportamiento promedio de las mejores cruzas en rendimiento y otros caracteres de interés agronómico, seleccionados mediante la media de cada tipo de craza y la media del mejor testigo. Incluye rendimiento predicho mediante el BLUP.

ENT	LUGAR	CRUZA	PROGENITORES	REND. (t ha ⁻¹)		FLORACIÓN (días)		ALTURA (cm)		ACAME (%)		MC (%)	PF (%)	CLM (1-4)
				Observ.	Pred.	Mas.	Fem.	Planta	Mazorca	Raíz	Tallo			
25	6	Simple	Línea 2 x P2	17.389	16.509	84	86	236	123	0	2	45	15	2
31	14	“	Línea 26 x P2	15.739	15.241	85	86	247	132	0	0	11	10	2
30	17	“	Línea 25 x P2	15.287	14.956	84	89	242	129	2	2	0	14	1
29	31	“	Línea 21 x P2	13.750	13.923	86	89	234	128	1	0	5	9	2
34	40	“	Línea 27 x P2	12.092	12.610	86	90	234	126	2	0	19	8	2
			MEDIA DE CS	13.796		86	88	237	125	2	1	16	12	2
19	7	Triple	P1 x Línea 18	16.999	16.118	84	87	256	134	14	0	6	10	3
3*	11	“	P1 x Línea 2	16.012	15.734	83	85	245	128	1	0	24	12	2
9	21	“	P1 x Línea 8	14.859	14.426	80	83	234	125	5	3	2	16	3
11*	27	“	P1 x Línea 10	14.009	13.889	82	85	233	119	2	0	17	9	2
2	44	“	P1 x Línea 1	11.224	12.006	86	89	243	104	2	0	36	0	3
			MEDIA DE CT	13.466		84	87	232	120	7	3	15	14	3
37	12	Doble	(Cuadro A1)	15.808	15.394	85	87	252	130	6	1	27	8	2
36	13	“	“	15.807	15.496	78	80	240	138	4	2	16	36	2
43	18	“	“	15.256	14.800	78	77	220	123	5	4	53	43	2
44	22	“	“	14.824	14.421	79	78	225	131	3	7	24	24	2
39	24	“	“	14.372	14.537	78	78	219	115	8	8	33	37	3
			MEDIA DE CD	13.836		78	78	227	123	7	9	29	41	2
35	1	MT	(Cuadro A1)	20.804	18.670	81	83	252	137	8	7	16	19	2
			MEDIA GRAL.	13.642	14.048	85	85	232	122	6	4	19	20	2
			S _x	1.19	1.8	1.7	1.4	8.4	8.2	4.6	2.5	6.0	6.5	0.2

* Híbridos más sobresalientes; MC = Mala cobertura de mazorca; PF = Plantas con *Fusarium*; CLM = Calificación de mazorca; P1 = Probador 1; P2 = Probador 2; CS = Cruzas simples; CT = Cruzas triples; CD = Cruzas dobles; MT = Mejor testigo; S_x = Error estándar de la media.

Lo importante de esta clasificación radica en el rescate de las cruzas dobles experimentales, ya que no presentaron los promedios requeridos para ser electos en la selección de los híbridos que se muestran en el cuadro 4.5. Sin embargo con fines de analizar el comportamiento que tuvieron, debido a las diferencias que se observan tanto en el análisis de varianza como en la prueba multivariada, se decide seleccionar a los materiales mas prometedores siendo el mejor híbrido doble el 37: (351-296-1-5-6xP2437-2-2-A-A) X (ML S4N-7-1x255N-20-3-1) por ser el más sobresaliente de este tipo de cruzas en cuanto rendimiento y sanidad en plantas.

Seguidamente se consideró la cruza 36: (ML S4N-7-1x255N-20-3-1) X (CAFIMExAN100-90)-18-2-6-8-A-Bx(ZAC58xAN100-90)-10-3-3-4-A, por registrar el mismo potencial en rendimiento, sólo que con problemas en porcentajes de mala cobertura y daño por *Fusarium*.

En forma conjunta se observa que la mayoría de las cruzas dobles resultaron afectadas en la selección debido a que presentaron promedios elevados en acames, mala cobertura de mazorcas y plantas dañadas por *Fusarium* ya que en las demás variables, demostraron el mismo potencial que las cruzas simples y triples y hasta mejor promedio que estas cruzas en rendimiento y precocidad.

Los resultados obtenidos coinciden con lo encontrado por *Ron et al.* (1999), al demostrar que tanto los híbridos de cruza simple como los de cruza doble tuvieron el mismo potencial para rendimiento, sólo que en este caso los híbridos dobles resultaron más afectados en cuanto acames y sanidad que las cruzas simples y triples (Cuadro 4.6).

Predicción de rendimiento

En la predicción del rendimiento de los híbridos seleccionados, se infiere que el comportamiento agronómico que seguirán estos materiales en futuras evaluaciones, fluctúa alrededor de los índices de rendimiento que se estimaron, lo cual podrá utilizarse para su recomendación en lo posterior.

Selección de líneas e identificación del mejor probador

El cuadro 4.7 muestra el comportamiento promedio de las mejores líneas seleccionadas con relación al probador de cruza simple (P1), en donde se observa que las líneas 8, 2, y 12 demostraron un mejor comportamiento agronómico en la mayoría de los caracteres evaluados incluyendo rendimiento. Con esto se explica que son líneas con excelentes prospectos para la formación híbridos superiores y se confirma al observar que de las cuatro líneas selectas con dicho probador (Cruza simple) tres ellas participan como progenitores de los híbridos seleccionados, destacando la línea 2 por participar tanto en una de las cruza simples con mejor rendimiento, como con la segunda mejor cruza triple.

Cuadro 4.7. Comportamiento promedio de las líneas seleccionadas con relación al comportamiento promedio del probador 1 (cruza simple).

LÍNEA	DFM	DFE	AP	AM	AR	AT	MC	PF	CLM	REND
	(días)		(cm)		(%)				(1-4)	(t ha ⁻¹)
8✓	81	84	235	125	2	2	5	11	2	14.171
10*	83	86	228	119	0	0	19	4	2	13.436
2*	83	85	241	127	1	1	37	14	2	17.020
12	82	85	248	136	3	4	23	9	2	16.887
MP1	84	87	235	121	7	2	13	15	3	13.643
S _x	0.83	0.76	2.66	2.57	1.99	0.59	1.64	4.26	0.13	0.388

MP1 = Media del probador 1; S_x = Error estándar de la media; ✓ Línea que participa en los híbridos seleccionados.

* Líneas que participan con los mejores híbridos seleccionados.

El Cuadro 4.8 concentra las líneas que fueron seleccionadas mediante el probador 2 (línea proveniente de CIMMYT). La cuál logró la identificación de las líneas 26 y 25; en las que se observa que la primera, tiene una buena sincronía floral, cosa que no ocurre con la segunda, debido a que existe una diferencia de cinco días entre la floración

masculina y floración femenina de la misma línea, pero aún con estos detalles encontrados registran promedios en rendimiento que superan con 4 y 3.5 t ha⁻¹ al probador. En porte de planta y mazorca resultaron ser materiales de mayor altura pero con promedios de acame de raíz aceptables y acame de tallo inapreciable. La línea 26 tuvo mayor índice de mala cobertura que la línea 25 pero no rebasó al promedio del probador, solo que resultaron con un mayor número de plantas susceptibles a *Fusarium*. En este caso la línea 26 también es una de las que participan en los híbridos seleccionados.

Esto suele suceder en la selección de líneas cuando las líneas que han sido seleccionadas por contener valores altos de ACG en pruebas tempranas, al probarlas por ACE en cruzamientos con una línea élite, muchas de esas líneas aún cuando presentan alta ACG y ACE poseen algunas características importantes que todavía no se encuentran a nivel deseado y deben mejorarse (Vergara, 1988; Ortiz, 1998; Cubero, 1999).

Cuadro 4.8. Comportamiento promedio de las líneas seleccionadas con relación al comportamiento promedio del probador 2, (Línea).

LÍNEA	DFM	DFE	AP	AM	AR	AT	MC	PF	CLM	REND
	(días)		(cm.)		%				(1-4)	(t ha ⁻¹)
26*	83	85	253	134	3	0	9	12	2	16.044
25*	83	89	247	129	6	1	0	18	2	15.599
MP2	86	88	229	121	1	3	19	7	2	12.973
S _x	1.11	1.03	5.09	4.87	2.79	1.03	3.12	5.03	0.18	0.737

MP2 = Media del probador 2; S_x = Error estándar de la media; * Líneas que participan en los mejores híbridos selectos.

Los resultados hasta aquí obtenidos permiten probar la tercera hipótesis planteada, al determinar que el mejor probador en la discriminación de las líneas experimentales fue la cruza simple, (232-10-11-A-A-AXMLS4-1) al ser más susceptible al daño por *Fusarium* y presentar mayor promedio en acame de raíz. Demostrando con esto mayor eficiencia en la discriminación de las mismas, al no enmascarar el potencial de las líneas experimentales para estos caracteres y al tener un rango más amplio de clasificación y de esta manera permitir la entrada de un mayor número de líneas sobresalientes, además de registrar valores mas reducidos del error estándar.

Dichos resultados son congruentes con los obtenidos por Duran, 1989; Latournerie, 1990; Briceño, 1990; Romero, 1996; Tosquy *et al.*, 1996; y Gómez *et al.*, 2002, quienes reportan que los probadores de cruza simple han sido los más adecuados en la discriminación y clasificación de las líneas experimentales ya que logran seleccionar genotipos superiores y dan información de mayor precisión al respecto.

CONCLUSIONES

1. Los híbridos experimentales evaluados no lograron rebasar el rendimiento que demostró el mejor testigo. Sin embargo, existen materiales prometedores para precocidad, porte de planta y mazorca, además de presentar rendimientos competitivos. de los cuales sobresalen los siguientes:

- Línea 26 x Probador 2; (mezcla de híbridos-90 x CML-373).
- Probador 1 x Línea 10); (232-10-11-A-A-A x MLS4-1) X Mezcla de híbridos-139.
- (351-296-1-5-6 x P2437-2-2-A-A) X (MLS4N-7-1 x 255N-20-3-1).

2. Fueron seleccionadas las mejores líneas mediante el uso de dos probadores, en las que destacan: Mezcla de híbridos-37 (Línea 2) y Mezcla de híbridos-174 (Línea 12), seleccionadas por el probador 1, (Cruza simple); también, Mezcla de híbridos-82 (Línea 25) y Mezcla de híbridos-90 (Línea 26), seleccionadas por el probador 2, (Línea endogámica).

Se espera que el cruzamiento entre líneas seleccionadas por diferente probador, se traduzca en una heterosis alta ya que los probadores pertenecen a grupos heteróticos complementarios.

3. se determinó que el mejor probador que se usó para la discriminación de las líneas experimentales fue el progenitor femenino de cruce simple:

(232-10-11-A-A-A x ML S4-1)

Con el cuál se tuvo un rango más amplio de clasificación, y por consiguiente, identificó un mayor número de buenas líneas, además de registrar una reducción del error estándar.

RESUMEN

Uno de los problemas que se encaran en el proceso de obtención de híbridos sobresalientes de maíz es la identificación de líneas que demuestren un comportamiento superior en sus combinaciones híbridas, lo cuál depende en gran medida de la fuente de germoplasma de partida y de los procedimientos de evaluación y selección de líneas.

En este contexto se realiza el presente trabajo, en el que se plantea identificar y seleccionar los híbridos experimentales sobresalientes, seleccionar las mejores líneas en base al comportamiento promedio de los probadores utilizados y determinar el mejor probador en la discriminación de las líneas bajo estudio.

El ensayo de rendimiento constó de 50 entradas, de los cuales 31 comprenden las cruzas de prueba en las que 27 líneas experimentales S_2 se tienen bajo discriminación. De estas 27 líneas, 21 fueron cruzadas con un híbrido simple (probador 1), el resto con una línea endogámica (probador 2). Además, se incluyeron 11 híbridos experimentales de ciclo precoz y 8 testigos, los cuales son materiales experimentales élite que aún no son liberados comercialmente.

La evaluación tuvo lugar en Juventino Rosas, Gto. y La Piedad, Mich., consideradas como localidades representativas del Bajío mexicano.

En forma general, las cruza simples, triples y dobles registraron diferencias estadísticas entre sí, a excepción de rendimiento; sin embargo, en promedio se observó que ningún material experimental logró rebasar en rendimiento al mejor testigo, pero, se identificaron materiales prometedores en cuanto a precocidad, porte de planta y mazorca con rendimientos aceptables de los cuales destacan el híbrido 31 (cruza simple), el híbrido 11 (cruza triple) y el 12 (cruza doble).

Entre las mejores líneas seleccionadas destacan: Línea 2 y Línea 12; seleccionadas con el probador 1. Línea 25 y Línea 26; seleccionadas con el probador 2.

Se determinó que el mejor de los probadores fue el 2, (cruza simple) por el amplio rango de clasificación y por identificar un mayor número de buenas líneas.

LITERATURA CITADA

- Allard R., W. 1967. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Ediciones Omega. Barcelona, España. p. 14.
- Ávila, G., A. Ramírez., G. Alvarado., M. Barandiaran., B. S. Vivek., M. Sierra., N. Vergara. 1998. Respuestas correlacionadas y aptitud combinatoria de líneas endogámicas de maíz tropical precoz-1. Líneas blancas. Memoria del XVII Congreso Nacional de Fitogenética. Acapulco, Guerrero. México.
- Ávila, G., H. Córdova; N. Vergara y A. Ramírez. 2002. Comportamiento de híbridos trilineales de maíz (*Zea mays L.*) desarrollados de cruzas simples grupo heterótico "A" y líneas macho grupo "B". Memoria del XIX Congreso Nacional de Fitogenética. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México.
- Brauer H., O. 1985. Fitogenética Aplicada. Editorial Limusa. México. pp. 365-372.
- Briceño B., J. 1990. Evaluación de cruzas de prueba de líneas de maíz (*Zea mays L.*) derivadas del sintético trópico seco por diferente metodología por selección recurrente. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México.
- Calixto V., V. 1990. Evaluación de líneas S₂ de maíz (*Zea mays L.*) en cruzas con tres probadores de estrecha base genética para el trópico seco mexicano. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Chávez A., J. 1995. Mejoramiento de Plantas II. Métodos específicos de plantas alógamas. Editorial Trillas. México. pp. 83-105.

- Cochran, W. G., y G. M. Cox. 1965. Diseños Experimentales. 2ª Edición. Editorial Trillas, México. pp. 416-436.
- Cortez, M. H. 2002. Programa de hibridación en maíz, Conferencias Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Instituto Mexicano del Maíz. Saltillo, Coah., México. pp. 11-16.
- Coutiño, B., B. Johnson y D. Meyer. 1998. Predicción de rendimiento de híbridos de maíz y de valores genéticos reproductivos de sus líneas progenitoras. Memoria del XVII Congreso nacional de fitogenética. Acapulco, Guerrero, México.
- Cubero J., I. 1999, Introducción a la Mejora Genética Vegetal. Ediciones Mundi-Prensa, México. pp. 146-158.
- De la Loma, J. L. 1985. Genética General y Aplicada. 3ª Edición, Editorial UTEHA, México. p. 471.
- Dudley, J. W., and R. H. Moll. 1969. interpretation and use of estimate of heritability and genetic variances in plant breeding. *Crop Sci.* 9: 257-261.
- Duran A., H. 1989. Comportamiento de 69 líneas de maíz derivadas del sintético trópico seco en un estudio de aptitud combinatoria con dos tipos de probadores. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 86 p.
- Falconer D., S. 1983. Introducción a la genética cuantitativa. Traducido al español por F. M. Sánchez. Editorial Continental, México. pp. 264-272.
- Flores H., A. 2001. Introducción a la genotecnia vegetal. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp. 71-83.

- García E., 1987. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 75, 109, 140.
- Gardner, E. J., M. J. Simmons., D. P. Snustad. 2002. Principios de Genética. 4ª Edición. Editorial Limusa, México. pp. 552-564.
- Galarza S., M. 1973. Estudio comparativo entre las pruebas de líneas *per se* y mestizos para evaluar aptitud combinatoria de líneas S₁ de maíz. Tesis de maestría. Rama de genética. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- Gómez, M. N., A. Ramírez; A. Aguilar y J. L. Ramírez. 2002. Identificación de un nuevo probador de maíz para la región del Trópico seco. Memoria del XIX Congreso Nacional de Fitogenética. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México.
- Hair, J. F., R. E. Anderson., R. L. Tatham and W. C. Black. 1992. Multivariate Data Analysis. 3rd . Ed. McMillan Publishing Company. U. S. A.
- Hallauer, A. R. and E. Lopez. 1979. Comparisons among testers for evaluating lines of corn. Proc. Ann. Hybrid Corn. Ind. Res. Conf. 34: 57 - 75.
- Hallauer, A. R. and J. B. Miranda. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University. Press. Ames. IA. p. 267-292. U. S. A.
- Johnson, D. E. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. International Tompson Editores, México. pp. 1-8, 339-442.
- Jugenheimer, R. W. 1957. performance and variability of various types of corn hybrids. Ames. Soc. Agron. Abs.: 55.
- Jugenheimer, R. W. 1988. Maíz. variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa. México. pp 175 – 222.

- Latournerie M., L. 1990. Comportamiento de 35 líneas S2 de maíz (*Zea mays* L.) derivadas del sintético ideotipo trópico seco en un estudio de aptitud combinatoria con tres probadores. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 74 p.
- Lonnquist, J. H., and C. O. Gardner. 1961. Heterosis in intervarietal crosses in maize and its implication in breeding procedures. *Crop Sci.* 1: 179-183.
- López T., M. 1995. Fitomejoramiento. Editorial Trillas. México. pp. 75 – 91.
- Márquez S., F. 1988. Genotecnia Vegetal. Métodos, teoría y resultados. Tomo II. AGT editor, México. pp. 129-209.
- Martínez G., A. 1994. Experimentación Agrícola. Métodos estadísticos. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp. 67-69.
- Mendenhall, W., y T Sincich. 1997. Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. 4ª Edición. Prentice Hall, Hispanoamericana. México. pp. 890-898.
- Montgomery, D. C. 1991. Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamericana. México. pp 155-153.
- Moll, R. H., W. S. Salhuana, and H. F. Robinson. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop Sci.* 2: 197-198.
- Ortiz, C. J. 1998. Mejoramiento de los componentes de rendimiento en líneas elite de maíz de valles altos por retrocruzamiento. Memoria del XVII Congreso Nacional de Fitogenética. Acapulco, Guerrero, México. pp. 228.
- Ostle, B. 1983. Estadística Aplicada. Editorial Limusa. México. pp. 455-460.

- Padrón, C. E. 1996. Diseños Experimentales con Aplicación a la Agricultura y la Ganadería. Editorial Trillas. México. pp. 93 –108.
- Palacios V., O. y H. Ángeles. 1990. Comparación de probadores para evaluar líneas S₁ de maíz. Agrobiencia. 1: 123-141.
- Paterniani, E., and J. H. Lonquist. 1963. Heterosis in interracial crosses of corn. Crop Sci. 3: 504-507.
- Poehlman, J. M. 1987. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Editorial Limusa. México. pp. 270– 285.
- Poey, F; 1978. El mejoramiento integral del maíz. Colegio de postgraduados, Chapingo, México. pp. 15-16.
- Poey, F; H. Córdova., A. Fuentes y F. Scheuch. 1977. Conceptos teóricos que respaldan los programas de mejoramiento genético del maíz. ICTA. Guatemala, C. A. pp. 30-42.
- Richey, F. D. 1922. The Experimental basis for the present status of corn breeding. J. Amer. Soc. Agron. 14: 1-17.
- Robles, S. R. 1986. Genética Elemental y Fitomejoramiento Práctico. Editorial Limusa. México. pp. 339.
- Romero C., M. 1996. Evaluación de líneas tropicales S₂ de maíz en forma *per se* y en cruza con dos tipos de probadores para determinar su aptitud combinatoria. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. México. 67 p.
- Ron P., J. 1998. Depresión endogámica en híbridos comerciales de maíz. Memoria del XVII Congreso Nacional de Fitogenética. Acapulco, Guerrero, México.

- Ron P., J., J. L. Ramírez., R. Valdivia., y J. B. Maya. 1999. Comparación de tipos de variedades de maíz desarrolladas por el INIFAP en la región Centro-Occidente de México. *Agrociencia*. 33: 267-275.
- SAS Institute. 1996. SAS/STAT user's guide, second edition. SAS Institute Inc., Cary, N. C.
- Sprague, G. F. 1955. Corn Breeding. In: *Corn and Corn Improvement Chapter V*: 221-292. N.Y. Academic Press.
- Strickberger, M. W. 1974. Genética. 2a. Edición. Ediciones Omega. Barcelona, España. pp. 831-835.
- Tabachnick, B. G. and L. S. Fidell. 1989. Using multivariate statistic. 2a. Edition. Harper Collins Publishers, Inc. N. Y. pp. 20-32.
- Tosquy V., O., G. Castañon., A. Rodríguez., M. Sierra. 1996. Evaluación de mestizos para determinar la aptitud combinatoria de líneas tropicales de maíz. Memoria del XVI Congreso Nacional de fitogenética. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Vergara A., N. 1988. Identificación de líneas endogámicas de maíz por su potencial para mejorar tres cruza simples élite. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México. 60 p.
- Weatherspoon, J. H. 1970. Comparative yields of single, three way, and double crosses of maize. *Crop Sci*. 10: 157-159.

APÉNDICE

Cuadro A1. Genealogías y tipo de cruce de los híbridos experimentales y testigos, evaluados en Juventino Rosas, Gto., y La Piedad, Mich., Año 2001.

ENTRADA	LUGAR	CRUZA	GENEALOGÍA
35★	1	Te	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X CML – 318
47	2	Te	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X CML – 373
49	3	Te	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X AN7 –R25-3-1-2-A
18	4	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 195
48	5	Te	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X CML – 384
25	6	CS	Mezcla de Híbridos – 37 X CML-373
19	7	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 197
13	8	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 174
7	9	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 94
33	10	CS	Mezcla de Híbridos – 103 X CML-373
3	11	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 37
77	12	CD	(351-296-1-5-6xP2437-2-2-A-A) X (ML S4N-7-1x255N-20-3-1)
36	13	CD	(ML S4N-7-1x255N-20-3-1) X (CAFIMExAN100-90)-18-2-6-8-A-Bx(ZAC58xAN100-90)-10-3-3-4-A
31	14	CS	Mezcla de Híbridos – 90 X CML-373
50	15	Te	(P2437-2-2-A-Ax43-46-2-3-2-A-A-A) X (232-10-11-A-A-AxML S4-1)
23	16	Te	Mezcla De Híbridos – 18 X CML – 318
30	17	CS	Mezcla de Híbridos – 82 X CML – 373
43	18	CD	(LBCPC4S4xML S4-1) X (CFIMEx4346)-13-1-1-2-A-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B
5	19	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 101
6	20	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 103
9	21	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 110
44	22	CD	(CAFIMEx232)-10-1-1-10-1-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B X (CFIMEx4346)13-1-1-2-A-B x (CAFIMExAN100-90)-3-1-B
4	23	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 98
39	24	CD	(CAFIMExAN100-90)-3-1-Bx(CFIMEx4346)-13-1-1-2-A-B X (LBCPC4S4xML S4-1)
45	25	CD	(CAFIMExAN100-90)-18-2-6-8-A-Bx(CFIMEx4346)-13-1-1-3-A-B X (CAFIMEx232)-10-1-1-10-1-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B
17	26	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 189

Cuadro A1. Continuación.

NTRADA	LUGAR	CRUZA	GENEALOGÍA
11	27	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 139
12	28	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 173
28	29	CS	Mezcla de Híbridos – 65 X CML-373
26	30	CS	Mezcla de Híbridos – 40 X CML-373
29	31	CS	Mezcla de Híbridos – 79 X CML-373
38	32	CD	(255N-20-3-1x232N-3-1-A-4-3-A) X (CAFIMExAN100-90)-18-2-6-8-A-Bx(ZAC58xAN100-90)-10-3-3-4-A
21	33	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 200
1	34	Te	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X 43-46-2-3-2
41	35	CD	(LBCPC4S4xML S4-1) X (CAFIMExAN100-90)-18-2-6-8-A-Bx(ZAC58xAN100-90)-10-3-3-4-A
15	36	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 184
14	37	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 177
40	38	CD	(CAFIMEx232)-10-1-1-10-1-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B X (CAFIMExAN100-90)-18-2-6-8-A-Bx(CFIMEx4346)-13-1-1-2-A-B
24	39	Te	Mezcla de Híbridos – 22 X CML – 318
34	40	CS	Mezcla de Híbridos – 108 X CML373
8	41	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 75
46	42	CD	(CFIMEx4346)-13-1-1-2-A-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B X (CAFIMEx232)-10-1-1-10-1-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B
22	43	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 79
2	44	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 31
42	45	CD	(CAFIMEx232)-10-1-1-10-1-Bx(CAFIMExAN100-90)-3-1-B X (CFIMEx4346)13-1-1-2-A-B x (CAFIMExAN100-90)-3-1-B
27	46	CS	Mezcla de Híbridos – 45 X CML-373
10	47	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 120
32	48	CS	Mezcla de Híbridos - 94 X CML-373
16	49	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos –188
20	50	CT	(232-10-11-A-A-AxML S4-1) X Mezcla de Híbridos – 199

CS = Cruza Simple, CT = Cruza Triple, CD = Cruza Doble y Te = Testigo; ★ Mejor testigo.

Cuadro A2. Características generales y comportamiento promedio para rendimiento y otros caracteres de los materiales experimentales y testigos evaluados en Juventino Rosas, Gto., y La Piedad, Mich. 2001. Incluye predicción de rendimiento mediante el mejor predictor lineal insesgado (BLUP).

ENT.	LUGAR	CRUZA	FM	FF	AP	AM	AR	AT	MC	PF	CLM	REND.		
												(t ha ⁻¹)		
			(días)	(cm)				(%)	(1-4)	observ.	pred.			
35	♦	1	Te	81	83	252	137	8	7	16	19	2	20.804	18.670
47		2	Te	85	89	257	138	2	0	3	9	1	17.551	16.401
49		3	Te	84	83	244	121	6	5	14	27	2	17.505	16.416
18		4	CT	84	84	245	140	7	5	7	19	3	17.413	16.250
48		5	Te	88	90	253	137	3	0	17	7	2	17.409	16.794
25		6	CS	84	86	236	123	0	2	45	15	2	17.389	16.509
19		7	CT	84	87	256	134	14	0	6	10	3	16.999	16.118
13		8	CT	81	85	250	137	8	4	20	14	3	16.945	16.298
7		9	CT	83	87	244	120	10	1	10	12	3	16.589	15.902
33		10	CS	87	89	235	129	4	2	20	7	2	16.211	15.579
3		11	CT	83	85	245	128	1	0	24	12	2	16.012	15.734
37		12	CD	85	87	252	130	6	1	27	8	2	15.808	15.394
36		13	CD	78	80	240	138	4	2	16	36	2	15.807	15.496
31		14	CS	85	86	247	132	0	0	11	10	2	15.739	15.241
50		15	Te	87	91	246	128	7	1	17	5	3	15.647	15.066
23		16	Te	84	84	252	135	2	6	33	20	2	15.371	15.066
30		17	CS	84	89	242	129	2	2	0	14	1	15.287	14.956
43		18	CD	78	77	220	123	5	4	53	43	2	15.256	14.800
5		19	CT	83	86	245	134	15	1	20	11	3	14.981	14.524
6		20	CT	82	86	237	128	14	2	18	24	2	14.878	14.538
9		21	CT	80	83	234	125	5	3	2	16	3	14.859	14.426
44		22	CD	79	78	225	131	3	7	24	24	2	14.824	14.421
4		23	CT	84	88	252	138	14	4	7	12	3	14.553	14.214
39		24	CD	78	78	219	115	8	8	33	37	3	14.372	14.537
45		25	CD	75	75	225	118	19	24	31	59	2	14.233	13.821
17		26	CT	85	88	241	125	4	7	14	13	2	14.073	14.007
11		27	CT	82	85	233	119	2	0	17	9	2	14.009	13.889
12		28	CT	88	88	250	133	8	5	13	8	2	14.002	13.767
28		29	CS	89	89	240	131	4	0	8	11	2	13.951	14.044
26		30	CS	83	86	237	106	4	1	37	22	2	13.751	13.796
29		31	CS	86	89	234	128	1	0	5	9	2	13.750	13.923
38		32	CD	78	81	229	126	7	1	14	25	3	13.633	13.866
21		33	CT	87	88	253	138	4	6	22	6	3	13.207	13.623
1		34	Te	86	87	233	122	2	1	11	7	2	13.157	13.250
41		35	CD	79	80	206	111	4	2	16	40	3	13.109	13.225
15		36	CT	83	84	245	120	13	4	33	5	4	12.897	13.329
14		37	CT	86	88	213	107	10	5	21	33	4	12.407	12.831
40		38	CD	78	76	239	123	11	18	40	58	3	12.402	13.201
24		39	Te	83	84	250	129	8	5	19	16	3	12.157	12.655
34		40	CS	86	90	234	126	2	0	19	8	2	12.092	12.610
8		41	CT	84	85	243	127	4	5	17	16	3	11.844	12.478
46		42	CD	76	77	231	126	4	12	19	57	3	11.676	12.429
22		43	CT	88	90	231	116	0	1	9	19	3	11.481	12.290
2		44	CT	86	89	243	104	2	0	36	0	3	11.224	12.006
42		45	CD	76	75	208	111	5	15	49	61	3	11.071	11.885
27		46	CS	87	89	237	124	3	1	3	20	2	10.529	11.467
10		47	CT	85	87	159	79	2	3	4	23	2	10.400	11.698
32		48	CS	87	89	226	123	2	6	15	4	2	9.266	10.578
16		49	CT	82	92	198	105	16	2	7	6	3	7.746	9.574
20		50	CT	85	88	159	156	0	7	12	19	3	6.273	8.763

CS = Cruza simple, CT= Cruza triple, CD= Cruza doble y Te= Testigos.

cm. = Centímetros, %= Porcentaje, t ha⁻¹= Toneladas por hectárea. ♦ Mejor testigo.

Cuadro A3. Indicativo del comportamiento promedio para rendimiento y otras características de interés agronómico de las líneas y probadores evaluados en Juventino Rosas, Gto. y La Piedad, Mich. 2001.

Líneas	Genealogía	REND	DFM	DFE	AP	AM	AR	AT	MC	PF	CLM
		(t ha ⁻¹)	(días)		(cm)			(%)			(1-4)
1	Mezcla de híbridos-31	10.839	89	90	241	104	0	0	39	0	2
2 ▲	Mezcla de híbridos-37	17.020	83	85	241	127	1	1	37	14	2
3	Mezcla de híbridos-98	13.877	85	89	250	138	11	6	9	10	2
4	Mezcla de híbridos-101	14.284	84	87	236	130	11	0	22	5	2
5	Mezcla de híbridos-103	15.413	85	88	234	128	8	2	19	16	2
6	Mezcla de híbridos-94	12.875	86	88	233	121	5	4	11	8	3
7	Mezcla de híbridos-75	11.548	85	85	235	123	0	4	18	12	2
8 ►	Mezcla de híbridos-110	14.171	81	84	235	125	2	2	5	11	2
9	Mezcla de híbridos-120	10.610	86	87	157	81	0	3	5	17	2
10 ►	Mezcla de híbridos-139	13.436	83	86	228	119	0	0	19	4	2
11	Mezcla de híbridos-173	13.238	89	90	243	133	7	5	15	1	2
12 ▲	Mezcla de híbridos-174	16.887	82	85	248	136	3	4	23	9	2
13	Mezcla de híbridos-117	12.007	87	89	215	109	7	6	22	28	4
14	Mezcla de híbridos-184	12.753	84	85	243	120	10	4	33	0	3
15	Mezcla de híbridos-188	7.510	83	92	192	103	13	2	9	2	2
16	Mezcla de híbridos-189	13.625	87	89	235	124	2	7	16	7	2
17	Mezcla de híbridos-195	16.683	85	85	242	139	4	7	9	18	2
18	Mezcla de híbridos-197	16.543	85	87	258	139	12	3	9	8	2
19	Mezcla de híbridos-199	6.503	85	88	257	58	0	7	17	12	2
20	Mezcla de híbridos-200	13.182	88	89	255	139	0	5	25	1	3
21	Mezcla de híbridos-79	12.784	87	89	234	124	0	1	7	13	2
Probador 1		13.643	84	87	235	121	7	2	13	15	3
Sx		0.388	0.830	0.760	2.686	2.567	1.987	0.589	1.643	4.258	0.125
22	Mezcla de híbridos-40	14.327	82	85	239	105	5	0	34	25	3
23	Mezcla de híbridos-45	10.766	85	89	235	121	5	0	3	24	3
24	Mezcla de híbridos-65	14.416	88	88	244	131	6	0	4	16	2
25 ▲	Mezcla de híbridos-82	15.599	83	89	247	129	6	1	0	18	2
26 ▲	Mezcla de híbridos-90	16.044	83	85	253	134	3	0	9	12	2
27	Mezcla de híbridos-108	12.366	85	89	237	125	3	1	16	14	3
Probador 2		12.973	86	88	229	121	1	3	19	7	2
Sx		0.737	1.110	0.133	5.099	4.873	2.788	1.031	3.120	5.027	0.175

Sx = Error estándar; ► = Líneas seleccionadas; ▲ = Mejores líneas.