

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Índices de Selección, Poder de Discriminación, Valores de ACG para Seleccionar
Híbridos, Ambientes, Líneas y Probadores de Maíz

Por:

JORGE LUIS REYES GODOY

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Octubre, 2013

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre, por haberme prestado la vida para hacer este sueño realidad, gracias Señor por darme la oportunidad de terminar mi carrera.

A mi Alma Terra Mater, por permitirme formar parte de ella y de su historia, gracias por proporcionarme las herramientas para mi formación profesional.

Al M.C Adrian Carvajal Alvizar, por ser un gran compañero y amigo, gracias por apoyarme incondicionalmente para la realización de este trabajo.

Al Dr. Humberto de León Castillo, por su amistad y por apoyarme en mi estancia como estudiante dentro de la universidad, por haberme guiado en este camino y por los consejos de que siempre hay que aportar lo mejor de uno dentro de cualquier trabajo, también agradezco su gran apoyo y colaboración en la realización de este trabajo de investigación, por su disponibilidad y aportación, muchas gracias sinceramente.

A mis Sinodales, Dr. Humberto de León Castillo, Ing. Raúl Gándara Huitrón, Ing. Gustavo A. BurciagaVera, por su participación en la revisión de este trabajo y su cooperación.

A la señora Maria Servanda Gonzalez y Claudia Janeth Gámez, por apoyarme en mi estancia para terminar este trabajo de investigación (Muchas Gracias).

A mis camaradas de generación, en especial a Ángel Yamir Espinoza Cornejo y a mi amigo Miguel Ángel Espinoza Cornejo (†), aunque cursaste un semestre con nosotros demostraste ser un muy buen y sincero amigo, claro sin olvidarme de David Antonio (Davis), Juan Raúl (Culichí), Marco, Roberto, Isaac, Toribio (Tory), Reinita, y a todos los demás compañeros que me demostraron su sincera amistad dentro de mi estancia en la universidad, gracias por la amistad que compartieron conmigo, por las palabras de ánimo y por el apoyo que me brindaron.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Sr. Anastasio Reyes Hernández

Sra. Ana María Godoy Robles

Quienes me han instruido en el camino del bien, y con el ejemplo que me brindaron que nunca hay que rendirse, si no que es mejor luchar para lograr las metas que uno desea. Quiero decirles que los quiero mucho y que le doy gracias a Dios por haberme dado la oportunidad de ser su hijo. Gracias por todos aquellos sabios consejos que me sirven para recorrer los arduos caminos de la vida y por el apoyo incondicional que me han brindado siempre y en todo momento. Papá y Mamá realmente no tengo palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mí, lo único que puedo decirles es muchas gracias y decirles que siempre, hasta el último suspiro de mi vida los voy a amar con todo mi corazón, y de igual manera siempre van a contar conmigo. Con mucho amor les dedico este logro que también es suyo.

A MI QUERIDA ESPOSA:

María Isabel Gastelum Herrera.

Quien me brinda su amor y apoyo incondicional en las buenas y en las malas, gracias por tu comprensión y paciencia, siempre te llevo en el corazón, le agradezco a Dios por darme la oportunidad de compartir mi vida con una linda mujer como tú.

A MI HIJO:

Jorge Luis Reyes Gastelum.

Por ser la fuente de inspiración para lograr mis objetivos y metas planteadas, siempre estaré agradecido con Dios por darme la oportunidad de ser tu padre, eres un ángel que trajo alegría y felicidad a nuestro hogar.

A MIS TIOS (AS):

Angélica (Kelly), Rosario (Chayo), Martha (Lindora), Rosa (Fea), Elsa, Paz, Lola, Norma, Leonel, Abel, Chelita, Maty, Anselmo (Chemo), por el apoyo que me dieron mientras estaba estudiando y los consejos que me impulsaron para seguir adelante, a todos ellos muchas gracias.

A MIS PRIMOS(AS):

Heriberto, Sujey, Wendy, Yudy, Sayury, Edgar, Fátima, Beto, Irving, Martin. Gracias por todas las palabras de confianza que me brindaron, por la motivación de seguir adelante en mi carrera muchas gracias.

También a mis compas Álvaro (pesado) y Hugo, por su gran y sincera amistad.

A MIS ABUELITOS:

María Robles Osorio

Floylan Reyes Hernández

Por el amor que siempre me han tenido y por los consejos que me dieron para poder salir adelante (Los quiero mucho abuelitos).

COMPAÑEROS DE TRABAJO:

Luis Enrique Gastelum, Manuel Urias, Jorge Carrazco, gracias por el apoyo que me brindan, por sus importantes consejos y muy buena amistad (Gracias)

INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Híbridos Simples	4
Híbridos Triples	5
Aptitud Combinatoria General y Especifica (ACG y ACE)	5
Índice de selección	6
Interacción Genotipo Ambiente (IGA)	7
Estabilidad	9
Grafico Biplot	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	10
Material Genético	10
Ciclo de Evaluación	10
Localidades de Evaluación	10
Situación Geográfica	12
Diseño de Siembra y Parcela Experimental	12
Labores culturales	12
Datos Agronómicos Registrados	13
Diseño Experimental	14
Diseño Genético	17
Índice de Selección	19
Estudio de la IGA	24
Criterios de Selección	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
CONCLUSIONES	50
RESUMEN	51
LITERATURA CITADA	52
APÉNDICE	56

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
3.	Identificación de líneas experimentales utilizadas en la evaluación.....	11
3.1	Situación Geográfica y Características climáticas de los ambientes de evaluación: Silao Gto, Jaral del Progreso Gto y el Mezquite Nuevo León.....	12
3.2	Estructura del análisis de varianza combinado para los tres ambientes.	
4.1	Cuadros medios del análisis de varianza general para las distintas variables de evaluación.....	28
4.2	Agrupación estadística de 3 localidades en base a la prueba de Tukey para los 10 híbridos sobresalientes donde se evaluaron diferentes caracteres.....	29
4.2.1	Detalles de los híbridos sobresalientes en base a cuatro variables agronómicas de interés diferentes.....	33
4.3	Cuadros medios del análisis de varianza línea por probador para nueve variables de importancia agronómica evaluadas en tres localidades durante el verano del 2011.....	37
4.4	Resumen de las mejores líneas con efectos significantes en ACG para todas las variables de evaluación.....	40
4.5	Comportamiento de los probadores de acuerdo a su ACG en los caracteres evaluados.....	42
4.6	Resumen de los valores de “F” por probador de acuerdo a su análisis de varianza.....	43
4.7	Análisis de varianza para tipo de cruce.....	
4.8	Información básica para la construcción del índice de selección para híbridos experimentales de acuerdo a cuatro variables de interés para un mejorador.....	46
4.8.1	Identificación del mejor híbrido para las cuatro variables evaluadas.....	
A1	Genealogía de híbridos experimentales.....	56

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pág
4.1	Grafico GGE para explorar la Interacción Genotipo-Ambiente, el potencial de rendimiento de los híbridos evaluados, así como la capacidad de discriminación de los ambientes.....	48
4.2	Grafico GGE para seleccionar el ambiente con mayor poder de discriminación.....	49

I. INTRODUCCIÓN

En México, el maíz es el cultivo más importante y pilar fundamental para la alimentación de la población, debido a su importancia constantemente se realizan estudios sobre mejoramiento genético para la formación de híbridos Simples, dobles, triples y variedades para uso comercial; teniendo como objetivo incrementar la producción por unidad de superficie, así como desarrollar materiales resistentes a factores bióticos y abióticos.

Los programas de mejoramiento genético realizan la selección de líneas con características deseables que permitan la formación de nuevos híbridos, esto es una constante en cualquier programa de mejoramiento genético de maíz. Por lo cual la aplicación de métodos y estrategias que permitan realizar esta tarea de manera rápida y sencilla es una prioridad dentro del programa de mejoramiento.

La identificación de líneas elite y nuevos híbridos se ve favorecida cuando la selección se basa en varias características, para ello se han desarrollado métodos como el de índices de selección que permite realizar mejoramiento de manera simultánea para múltiples características de interés.

Es necesario evaluar los nuevos genotipos en varias localidades con diferente ambiente para determinar la respuesta a través de la región de interés e identificar el híbrido con mejores atributos agronómicos,

Por tal motivo las empresas establecen ensayos que incluye por lo menos tres localidades y que están arreglados en un diseño experimental en el cual se realizan evaluaciones con diferentes propósitos tales como conocimiento de materiales, solución de problemas técnicos, producibilidad de nuevos híbridos, etc.

Actualmente la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, realiza evaluaciones de diferentes materiales líneas e híbridos para la producibilidad en diferentes zonas de producción; el presente trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar 30 líneas experimentales por medio de tres probadores, las cruas de prueba fueron evaluadas en tres localidades representativas del área del bajo.

OBJETIVOS

- 1) Seleccionar híbridos de maíz que muestren un buen comportamiento agronómico y buena estabilidad en campo.
- 2) Clasificar los ambientes de evaluación por la capacidad de discriminar genotipos e identificar cuál de estos ambientes es mejor para los genotipos evaluados.
- 3) Seleccionar híbridos, líneas, probadores en base al potencial genético, índice de selección y análisis multi-variado.

HIPÓTESIS

- Alguno de los ambientes de evaluación posee mayor capacidad de discriminación que el resto.
- Entre las combinaciones de las líneas con probador, se originaran híbridos sobresalientes.
- El estudio del comportamiento de los genotipos a través de los 3 ambientes de evaluación (El prado Nuevo León, Silao Gto y Jaral del progreso Gto), proporcionara información que permitirá conocer cualesserán los más estables.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Híbridos Simples

Un híbrido simple es aquel que se obtiene de la cruce de dos líneas puras. El híbrido simple se produce principalmente en sitios donde el consumo de maíz tiene mucha demanda (Ramírez, 2006).

En un híbrido simple es donde se manifiesta la máxima expresión de la heterosis, el cual se forma mediante el cruzamiento de dos líneas endocriadas, que son obtenidas a través del proceso de autofecundación. A medida que el nivel de endocria de las líneas que forman el híbrido simple es mayor, también lo es la uniformidad del híbrido resultante y generalmente, es mayor la expresión de heterosis (Bejarano et al., 2006).

Bejarano explica que estos materiales no se habían usado antes en el país debido a que las líneas endocriadas son débiles y con una producción muy costosa, sin embargo a través del programa de desarrollo de híbridos dobles, anteriormente desarrollado, fueron obtenidas líneas de mejor comportamiento y rendimiento que hacen factible la producción económica de los híbridos simples de maíz.

Pugh and Layrisse (2005), Indican que los híbridos simples son obtenidos por las empresas públicas o privadas. Para la obtención de los mismos incluye el mantenimiento de las líneas parentales, realizar las cruces posibles entre ellos, además requiere de una considerable inversión de tiempo, recursos financieros, trabajo y supervisión.

Vasal et al., (1994). Para la formación de híbridos simples, estos deberán tener líneas como hembras con un alto nivel de rendimiento y con tamaño de grano aceptable. Para estos híbridos simples se necesita identificar líneas como probadoras que sirvan como un progenitor fijo en la formación de nuevos

García et al (1999), mencionan que los híbridos simples representan la máxima expresión de heterosis que puede lograrse en el cultivo del maíz, y hace énfasis en que es imperativo fomentar su uso masivo en el país, para que contribuyan a aumentar dramáticamente los rendimientos del cultivo en el ámbito nacional.

Híbridos Triples

Palafox et al. (2008), Un híbrido triple es el resultado del cruzamiento de un híbrido simple como parental femenino, y una línea como parental masculino.

Tiene la ventaja de menor costo de la semilla, sus características son intermedias entre híbridos simples y dobles, debido a que tiene mayor plasticidad que un híbrido simple y menor variabilidad de que híbrido doble (Ramírez, 2006).

Sierra et al, (2005), señalan que la formación de híbridos triples representan una alternativa interesante de aprovechamiento de la heterosis al cruzar líneas de relativa divergencia genética con cruza simples de alto rendimiento, además de obtener ventajas adicionales en la producción de semillas.

Aptitud Combinatoria General y Específica (ACG y ACE)

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

Hallauer y Eberhart(1976), Indican que en un programa de mejoramiento, cuya finalidad es la formación de híbridos, la Aptitud Combinatoria Especifica debe ser

mas importante, ya que se pueden explotar mas a los efectos no aditivos, como dominancia y epistasia, ya que la varianza de la Aptitud Combinatoria General indica la porción de la varianza genética debida a los efectos aditivos de los genes. Mientras que la varianza de la Aptitud Combinatoria Específica indica la porción de la varianza genética que puede ser debida a desviaciones de dominancia.

Índice de selección

El índice de selección descrito por Barreto et al. (1991), utiliza dos parámetros básicos que son la meta y la intensidad de selección que se desea aplicar en el germoplasma evaluado.

La meta de selección es la desviación estándar del promedio, la cual se debe considerar de acuerdo a lo que el fitomejorador desea lograr con la selección. El programa acepta valores desde -3.0 hasta 3.0 (con un decimal de precisión). Valores positivos intentan seleccionar aquellos genotipos que se encuentran por arriba del promedio poblacional, valores negativos intentan seleccionar genotipos que se encuentran por abajo del promedio y valores cero seleccionan genotipos iguales al promedio.

Mientras más pequeño es el valor del índice mas cerca se encuentra el genotipo de los criterios deseados por el usuario, y es por tanto superior. Mientras más grande es el valor del índice, más lejos se encuentra el genotipo de los criterios deseados, y es por lo tanto inferior (Barreto et al., 1991).

Lande (1992; Zhang y Smith, (1992); Xie y Xu, (1998); Moreau et al., (1998) señalan que el IS propuesto por Lande y Thompson (1990) es más eficiente que el de Smith (1936) cuando la heredabilidad aditiva del carácter es baja. Sin embargo, ambos procedimientos requieren una gran cantidad de información que incluye estimaciones de las varianzas y covarianzas de los valores fenotípicos y genotípicos, y, para cada carácter, el peso económico de su valor genotípico.

Xu (2003), comenta que para seleccionar las mejores plantas, el principal individuo para esto debe ser el fitomejorador, aunque el criterio de lo que es mejor

dependa de lo que se desea mejorar; generalmente significa la mejor calidad genética.

El índice de selección es una función lineal del valor genético de dos o más características, cada una con un peso acorde con valor económico preasignado (Becker 1985).

Gutiérrez et al. (2010), comentan que existen varios métodos para el mejoramiento genético simultáneo de varios caracteres y los tres de mayor importancia son: selección en tándem.

Córdova et al (2002), hacen énfasis en que el mejor entendimiento de algunos aspectos fisiológicos relacionados con el rendimiento y la incorporación de índices de selección más eficiente en las metodologías de mejoramiento para ambientes han mejorado las técnicas de selección.

Interacción Genotipo Ambiente (IGA)

Contreras y Krarup (2000). Comentan que el conocimiento de la magnitud de la interacción entre el genotipo y el ambiente permite evaluar la estabilidad de un cultivo en una gama de ambientes donde se desean introducir. También permite evaluar los potenciales productivos y las posibles limitaciones de éstos en cada localidad.

La interacción de cultivares con los factores ambientales (sitios, año de plantación, tipo de suelo, nivel de tecnología usado, etc.) es de gran importancia para los agricultores y en los programas de mejoramiento de plantas. Los efectos que los cultivares y el ambiente ejercen sobre la interacción cultivar-ambiente son estadísticamente no aditivos. Esto indicaría que las diferencias en productividad entre cultivares dependerá del ambiente en el cual están siendo evaluado (Yueet al., 1997; Scapimet al.,2000; Contreras y Krarup, 2000).

De León et al. (2005), comenta que la interacción genotipo ambiente, es la respuesta diferencial de los genotipos en los ambientes de evaluación: este fenómeno es una preocupación constante para los fitomejoradores generalmente

cuando su magnitud es grande ya que dificulta la elección y recomendación de genotipos estables y torna lento el avance de la selección.

Gordón et al. (2006), señalan que la IGA ocurre cuando hay respuestas diferentes de los genotipos en relación con la variación del ambiente; esta interacción es de gran importancia en la evaluación de híbridos ya que se deben seleccionar genotipos que interactúen lo menos posible con el ambiente, este ha sido uno de los principales objetivos de las instituciones estatales, así como de las empresas que se dedican a la venta de semillas mejoradas.

Rodríguez et al. (2005), al disminuir la expresión del potencial genético por la condición ambiental, al grado de ser similar o menor a los efectos de IGA, es difícil seleccionar genotipos sobresalientes.

Este comportamiento no implica que los ambientes críticos sean inadecuados para la selección de genotipos, puesto que en ellos es posible identificar características indispensables para la adaptación del cultivo.

Ibáñez et al. (2006), Comentan que los ensayos comparativos de rendimiento multiambientales permiten identificar los genotipos de mejor rendimiento y los más estables, es decir, aquellos que mantienen su alto potencial productivo a través de un amplio rango de condiciones ambientales. La recomendación de los híbridos se dificulta cuando el comportamiento relativo entre dos genotipos difiere de una condición ambiental a otra; por tal motivo la IGA se origina como consecuencia de este comportamiento diferencial de los genotipos en los distintos ambientes.

Estabilidad

La estabilidad se define como el atributo que le permite a los genotipos ajustar su capacidad productiva a la más amplia variación del estímulo ambiental cuando son evaluados en diferentes ambientes (Kandus et al., 2010 y Mirassón et al., 2011).

Lee et al. (2003) mencionan que la estabilidad es influenciada en parte por la estructura genética, el nivel de heterogeneidad y la heterocigosidad del cultivar. Sin embargo, muy poco se sabe acerca de los componentes genéticos que subyacen a la estabilidad y como las estrategias de mejoramiento de la población influyen la estabilidad.

Camargo et al. (2011), comentan que la separación de las localidades respecto a la capacidad discriminadora y representatividad provee información útil sobre la efectividad y conveniencia de las localidades para el desarrollo y selección de germoplasma o recomendar cultivos con adaptación amplia o específica.

Grafico Biplot

Un graficobiplot, si se basa en AMMI o GGE, es una visualización técnica útil para explorar rápidamente los patrones de similitud o la disimilitud entre los genotipos o ambientes y extraer información útil de datos complejos de GGE. (Yang et al., 2009).

Además, la herramienta de biplot se ha convertido cada vez mas popular entre los mejoradores de plantas y los investigadores en agricultura, debido a su uso en la evaluación de cultivos (Yan et al., 2002).

La intención original de un biplot fue reducir la dimensionalidad de datos y permitir a los analistas de datos y a los investigadores a tener un rápido vistazo a las relaciones entre los genotipos, entre los ambientes, o las interacciones entre genotipos y ambientes. Por lo tanto, los biplots eran una herramienta grafica descriptiva para una vista rápida. Sin embargo, muchas aplicaciones recientes de análisis Biplot han ido más allá de los límites de su funcionalidad limitada (Yang et al., 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético utilizado para la presente investigación incluye 30 líneas que se describen en el cuadro 3.1; 3 probadores: una línea y dos cruzas simples (PE-212-1-2-A, CS1, CS2), 7 testigos; Jabalí, 30P16, 33J56, 30T26, 30A60, P4082W y AN447, las cruzas de prueba se sembraron en 3 localidades de evaluación; Silao Gto, jaral del progreso Gto, el Mezquite Nuevo León, con 2 repeticiones por localidad, estos materiales provienen del programa de mejoramiento genético del área del Bajío, del Instituto Mexicano de Maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Durante el ciclo OI-2011, se formaron las cruzas de pruebas con las líneas y probadores mencionados, dando origen a 89 híbridos experimentales; para el ciclo PV-2011 se condujeron los ensayos de evaluación de los híbridos formados.

Cuadro 3. Identificación de líneas experimentales utilizadas en la evaluación

Línea a	Genealogía	Línea a	Genealogía
1	((M13xPE-115-3-1-11) x M13)-3-2	23	(LEOPRECOZxPN-308-1)-11-A-A-2
5	((M15xPE-115-3-3-2) x M15)-12-2	24	(M13 x 232-10-11-1-A)-2-2
6	((M16xE-195) x M16)-15-3	27	(M47 x 351-296-1-6-A)-20-3
7	((M16xE-197) x M16)-15-2	28	(M47 x 351-296-1-6-A)-6-3
8	((M16xE-197) x M16)-6-1	41	((M16xE-197) x M16)-2-1
9	((M16xPE-115-3-1-3) x M16)-1-1	45	((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-18-3
11	((M31xE-197) x E-197-6)-16-1	46	((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-19-2
13	((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-7-1	50	((M41xPN-311-2-A-3-6) x PN-311-2-A-3-6-A)-18-2
15	((M41xPN-311-2-A-3-6) x PN-311-2-A-3-6-A)-10-3	51	((M5xPE-115-3-3-2) x M5)-12-2
16	((M6xPE-212-1) x M6)-16-1	61	(M16 x (PE-203-2xPE-105-1)-1-A-7-3-5)-10-4
17	((M7xE-197) x M7)-16-2	73	LEOPRECOZ-8-3-A-A-4
19	((M7xV524-4119HC-218-3 x V524-4119HC-218-3-2)-14-1	74	((M1xE-197) x E-197-6)-15-2
20	((M7xV524-4119HC-218-3 x V524-4119HC-218-3-2)-18-1	88	(M7 x 351-296-1-6-A)-20-1
21	((M7xV524-4119HC-218-3 x V524-4119HC-218-3-2)-6-1	89	(M7 x 43-46-2-3-2)-10-1
22	(CML-373 X AN7 R-25-3-1-2-A)-A-A-10-1	90	(M7 x 43-46-2-3-2)-8-1

Fuente (Instituto mexicano del Maíz, UAAAN)

Localidades de evaluación

La evaluación de las parcelas experimentales utilizando las treinta líneas y sus tres probadores se realizó en tres ambientes representativos de la zona del Bajío. En el cuadro 3.1 se muestran las características principales de los sitios de evaluación correspondientes a Silao Gto. Jaral del progreso Gto. El Prado Nuevo León.

Cuadro 3.1. Situación geográfica y características climáticas de los ambientes de evaluación: Silao Gto, Jaral del progreso Gto y el Mezquite Nuevo León.

Ambiente	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msn)	Temperatura media Anual (°C)	Precipitación Media Anual (mm)
Silao Gto	20° 56'	100° 25'	1780	18 °C	600 a 800
Jaral del Progreso Gto	20° 26'	101° 07'	1730	18.5 °C	647.9
El Prado Nuevo León	24° 12'	100° 05'	1890	18 °C	300

Diseño de siembra y parcela experimental.

El diseño de siembra utilizado para el experimento fue un bloques incompletos al azar con arreglo alfa látice con dos repeticiones por localidad, la parcela experimental fue de un surco de 5 metros de largo y 0.75 metros entre surcos con 38 Plantas y una distancia de 13 cm entre planta y planta para la localidad de El Mezquite Nuevo León, en las localidades de Silao y Jaral la parcela experimental fue de dos surcos de 5 metros de largo y 0.75 metros entre surco y surco con 38 Plantas por surco.

Labores culturales

Preparación del terreno: Todas las localidades se iniciaron con un subsoleo, posteriormente dos pasos de rastra y un riego de pre-siembra.

Siembra: La siembra se realizó de forma manual para la localidad del Mezquite y de forma mecánica para las localidades de Jaral y Silao Gto.

Fertilización: La dosis aplicada en cada localidad fue de 120N-80P-60K/ha, la aplicación se realizó en dos momentos: la mitad del nitrógeno y todo el fósforo y potasio (50% de N y 100% de P y K) fue al realizarse el surcado y el resto del nitrógeno se aplicó cuando el cultivo estaba en V5.

Control de malezas: El control de maleza se realizó de forma química, aplicando Gesaprin Calibre 90 (Atrazina), antes de la emergencia del cultivo, eliminando las plantas pequeñas de hoja ancha que venían emergiendo y sellando a la vez para evitar posibles infestaciones de maleza.

Control de plagas: Se aplicó en siembra Pounce 5G (permetrina) para las plagas existentes en el suelo; Arrivo 200 CE (cipermetrina) para gusanos trozadores en las primeras etapas; Ambush 50 (permetrina) para plagas foliares; Zabra 8G (permetrina) para gusano cogollero, todas las aplicaciones se realizaron de manera preventiva para no tener daño por plaga.

Cosecha: Se cosechó de forma manual en el Mezquite y de forma mecánica en Silao y Jaral, para después tomar los datos de peso y humedad de las muestras.

Datos Agronómicos Registrados

Floración masculina y femenina (FM y FF)

Es el número de días transcurridos desde el momento de la siembra, hasta la fecha cuando el 50% de las plantas presentaron anteras dehiscentes o emisión de polen (floración masculina) y estigmas receptivos (floración femenina).

Sincronía floral (SF)

Diferencia expresada en días transcurridos entre la floración masculina y floración femenina, para este trabajo se tomo como base a la floración masculina.

Altura de planta (AP)

Es la distancia en centímetros que existe desde la base de la planta hasta la punta de la espiga. Después del estado lechoso del grano.

Altura de mazorca (AM)

Es la distancia en centímetros que existe desde la base de la planta hasta el nudo donde se encuentra la inserción de la mazorca principal.

Relación mazorca-planta (RMP)

Relación que existe entre la altura de la planta y la inserción de la mazorca principal expresado en porciento.

$$RMP = \left(\frac{\text{Altura de planta}}{\text{Altura de mazorca}} \right) \times 100$$

Acame de raíz (AR)

Es el porcentaje de plantas que se encuentran totalmente acamadas por parcela, considerándose como acamadas a aquellas plantas que presentan una inclinación igual o mayor a 30° con respecto a la vertical del suelo.

Acame de tallo (AT)

Es el porcentaje de plantas que se encuentran totalmente acamadas por parcela, considerándose como acamadas a aquellas plantas que presentan el tallo totalmente quebrado por debajo de la mazorca principal.

Mala cobertura (MC)

Por ciento de plantas cuya mazorca no estaba cubierta totalmente por las brácteas (totomoxtle) en relación con el total de las mazorcas cosechadas en cada parcela.

Plantas con *fusarium spp* (PF)

Es el porcentaje de plantas que se observaron total o parcialmente dañadas por este hongo en cada parcela, evaluadas con respecto al total de las plantas establecidas.

Calificación de planta (CP)

Calificación visual de las plantas por parcela útil que considera porte, sanidad y uniformidad. La escala va de 1 a 5 (1 muy buena y 5 muy mala).

Calificación de mazorca (CM)

Calificación visual en base al total de mazorcas cosechadas por parcela útil que considera llenado de grano, sanidad, tamaño y uniformidad. Tomando una escala de 1 a 5; donde: 1 corresponde a lo mejor, mas sano y uniforme; y el 5 corresponde a lo peor y más variable.

Prolificidad (PROL): Es el porcentaje del número de mazorcas cosechadas entre el número de plantas cosechadas.

$$PROLIFICIDAD = \left(\frac{\text{Numerode mazorcas}}{\text{Numerode plantas}} \right) \times 100$$

Textura de grano (TEXT): Se refiere al tipo de grano, la calificación asignada es de uno a nueve; uno, muy dentado y nueve, muy cristalino.

Peso de campo

Peso expresado en Kg del total de las mazorcas cosechadas por parcela útil.

Por ciento de humedad

Se tomo un número de mazorcas representativas de la parcela, de las cuales se desgranaron de 3 a 5 hileras para obtener cerca de 100 gr; esta muestra se somete a medición en un aparato *Dickie John*, que determina la humedad del grano. Esta actividad se realizo en campo al momento de la cosecha.

Rendimiento (REND)

Es la producción estimada por parcela experimental reportada en t ha⁻¹ de mazorcas al 15.5 % de humedad. Este dato se obtuvo al multiplicar el peso seco (PS) por un factor de conversión (FC).

$$PS = \left(\frac{100 - \% H}{100} \right) \times PC$$

Donde:

% H = porcentaje de humedad del grano a la cosecha por parcela

PC = peso de campo en Kg

$$FC = \left(\frac{10000}{APU \times 0.845 \times 1000} \right)$$

APU = Área de parcela útil. Es el producto de la distancia entre surcos por la distancia entre matas por el numero exacto de plantas por parcela; 0.845= constante para transformar el rendimiento de peso seco al 15.5 % de humedad; 1000= constante para obtener el rendimiento en t ha⁻¹; 10000= valor correspondiente a la superficie de una hectárea en m².

Rendimiento ajustado por covarianza

Debido a que el número de plantas cosechadas fue variable entre parcelas dentro de experimentos se realizó un análisis de covarianza, con el fin de estimar el efecto de esta variable en la expresión final del rendimiento. Cuando se determinó que la covariable mostró significancia mediante la prueba de F, el rendimiento se ajustó mediante la fórmula siguiente:

$$\hat{Y}_{ij} = Y_{ij} - b_i(x_i - \mu)$$

Donde:

\hat{Y}_{ij} = rendimiento ajustado por covarianza; Y_{ij} = rendimiento sin ajuste del i-ésimo tratamiento; b_i = coeficiente de regresión estimado; x_i = número de plantas cosechadas en el i-ésimo tratamiento; y μ = promedio de número de plantas por experimento.

Análisis estadísticos

Diseño experimental

El desempeño de los híbridos experimentales y testigos se analizaron bajo un diseño de bloques completos al azar combinado a través de ambientes, con la finalidad de detectar las diferencias estadísticas en las fuentes de variación correspondientes al modelo estadístico. El modelo estadístico para el análisis de varianza combinado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + R_{j(i)} + G_k + GA_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variables de respuesta; μ = efecto de la media general; A_i = efecto del i-ésimo ambiente; $R_{j(i)}$ = efecto de la j-ésimo bloque dentro del i-ésimo ambiente; G_k = efecto del k-ésimo genotipo; GA_{ik} = efecto del k-ésimo genotipo por el i-ésimo ambiente; E_{ijk} = error experimental.

Para explorar la aportación de cada uno de los componentes a la variación total se realizó el desglose de la suma de cuadrados de genotipos en híbridos simples, triples y testigos, un contraste entre híbridos simples vs híbridos triples, híbridos simples e híbridos triples vs testigos. El modelo correspondiente es el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + R_{j(i)} + S_k + T_l + U_m + AS_{ik} + AT_{il} + AU_{im} + E_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta; μ = efecto de la media general; A_i = efecto del i-esimo ambiente; $R_{j(i)}$ = efecto de la j-esima repetición dentro del i-esimo ambiente; S_k = efecto del k-esimo híbrido simple; T_l = efecto del l-esimo híbrido triple; U_m = efecto del m-esimo testigo; AS_{ik} = efecto del k-esimo híbrido simple por el i-esimo ambiente; AT_{il} = efecto del l-esimo híbrido triple por el i-esimo ambiente; AU_{im} = efecto del m-esimo testigo por el i-esimo ambiente; E_{ijklm} = error experimental.

La estructura de los modelos empleados para el análisis de varianza involucrando los 3 ambientes se muestra a continuación en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Estructura del análisis de varianza combinado para los tres ambientes.

FV	GL
Ambientes (A)	A-1
Bloques / A	(r-1) A
Genotipos (G)	g-1
HS	a-1
HT	b-1
T	c-1
HS, HT, vs T	1
HS vs HT	1
G x A	(g-1)(A-1)
HS x A	(a-1)(A-1)
HT x A	(b-1)(A-1)
T x A	(c-1)(A-1)
Error	Diferencia
Total	Irgab-1

HS=híbridos simples; HT=híbridos triples; T=testigos; FV=fuente de variación; GL=grados de libertad.

Diseño genético

La estimación de efectos genéticos de los híbridos experimentales (simples y triples) se analizó bajo el modelo genético de línea por probador, siguiendo la estrategia propuesta por Singh y Chaudhary (1985), ya que permitió participar a los híbridos en sus componentes; línea, probador y línea por probador. La información recopilada se estudió bajo la rutina para SAS de Bartolomé y Gregorio (2000), con el objetivo de estimar la aptitud combinatoria de líneas, probadores y la cruce entre ellos, bajo el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + R_{j(i)} + L_k + P_l + LP_{kl} + AL_{lk} + AP_{il} + ALP_{jkl} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = variable de respuesta; μ = efecto de la media general; A_i = efecto del i-esimo ambiente; $R_{j(i)}$ = efecto del j-esimo bloque dentro del i-esimo ambiente; L_k = efecto de la k-esima línea; P_l = efecto del l-esimo probador; AL_{ik} = efecto de la k-esima línea por el i-esimo ambiente; AP_{il} = efecto del l-esimo probador por el i-esimo ambiente; ALP_{jkl} = efecto de la k-esima línea por el l-esimo probador por el i-esimo ambiente; E_{ijkl} = error experimental.

La estimación de los efectos genéticos de ACG tanto de híbridos simples como de híbridos triples se realizo mediante las siguientes formulas:

- **Estimación de efectos de ACG para lineas:**

$$L_i = \frac{X_i \dots}{pra} - \frac{X \dots}{lpra}$$

- **Estimación de efectos de ACG para probadores:**

$$P_j = \frac{X \cdot j \dots}{lra} - \frac{X \dots}{lpra}$$

- **Estimación de efectos de ACE para híbridos:**

$$H_{ij} = \frac{X_{ij..}}{ra} - \frac{X_{i...}}{pra} - \frac{X_{.j.}}{lra} + \frac{X \dots}{lpra}$$

Donde:

L_i = aptitud combinatoria de lineas; P_j = aptitud combinatoria general de probadores; H_{ij} = aptitud combinatoria especifica de híbridos; l = número de lineas; p = número de probadores; r = repeticiones; a = número de ambientes; $X_{i...}$ =sumatoria de la i-esima línea; $X_{.j.}$ = sumatoria del j-esimo probador; $X_{ij.}$ =comportamiento

especifico de la cruce de la i-esima línea con el j-esimo probador a través de repeticiones y ambientes; $X_{...}$ =sumatoria total.

Índice de selección

Con el plan de tener una estrategia mas precisa para la selección de híbridos simples, la selección de los genotipos se efectuó en base en la inclusión simultanea de varios caracteres con la asistencia del método de índices de selección (IS) de Barreto et al. (1991).

Este procedimiento permitió establecer decisiones mayormente fundamentadas y orientadas hacia la obtención de una mejor respuesta en el proceso de selección. En esta investigación se evaluaron 14 caracteres en cada individuo, la elección de los mejores se realizo tomando en cuenta el índice estimado para cada genotipo.

La metodología para la estimación de los IS fue dando seguimiento a la propuesta planteada por Barreto et al. (1991).

$$IS = \left\{ [(Y_1 - M_1)^2 * I_1] + [(Y_2 - M_2)^2 * I_2] + \dots + [(Y_n - M_n)^2 * I_n] \right\}^{1/2}$$

Donde:

IS = índice de selección; $Y_{j...n}$ = variable en unidades z (estandarizadas); $M_{j...n}$ = meta de selección; $I_{j...n}$ = intensidad de selección.

La intensidad de selección refleja la importancia relativa de las diferentes variables a usarse en la selección. La intensidad puede ser diferente para cada variable, según el criterio del fitomejorador y acepta valores de 0 a 10. Mientras mas grande sea el valor de la intensidad, mayor peso le da el mejorador a la variable en cuestión. Si se usa una intensidad de 0.0 entonces no daría ningún peso e ignora totalmente la variable durante la selección.

La meta de selección de cada variable especifica en unidades de desviación estándar del promedio el objetivo que se desea lograr con la selección; acepta

valores desde -3 hasta 3 con valores positivos se seleccionan genotipos por arriba del promedio de la población para la variable en cuestión.

Con valores negativos intentan seleccionar aquellos genotipos que se encuentren por debajo del promedio y para elegir genotipos cercanos al promedio se utilizan metas con valores de cero.

Dado la naturaleza del parámetro de medición distinto que poseen las variables descriptivas a analizar (toneladas, centímetros, días, porcentajes, etc.), resulta de suma importancia estandarizar todos los valores para que las distintas variables pudieran combinarse, esto se realizó con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{Y_j - \bar{Y}}{S}$$

Donde: **Z** = Valor estandarizado; **Y_j** = Valor observado; \bar{Y} = Promedio; **S** = Desviación estándar;

El valor estandarizado de cada una de las variables mientras más pequeño es el valor del índice más cerca se encuentra el genotipo de los criterios deseados por el mejorador, y es por lo tanto superior, por lo contrario, mientras más grande es el valor del índice, más lejos se encuentra el genotipo de los criterios deseados por el mejorador, y es por lo tanto inferior. El genotipo que contenga el valor más pequeño de índice será considerado el mejor según el criterio del mejorador.

Para la construcción de los IS se consideró estimarlos por repetición dentro de cada localidad, para posteriormente realizar un análisis de varianza convencional con los valores obtenidos. Los valores empleados para el cálculo de IS fueron distintos para las líneas, probadores e híbridos; como criterio de selección en líneas y probadores se emplearon los valores genotípicos (ACG), mientras que para los híbridos experimentales los valores fenotípicos. Para ambos criterios se consideró el peso económico de las 14 variables registradas en cada genotipo.

Previó al calculo del IS mediante el programa se detectaron correlaciones en ciertas variables, por lo que se precedió a excluirlas del análisis final; siendo estas FF y AM, debido a que mostraban una correlación con FM y AP, respectivamente.

Por otra parte, para la asignación de intensidades y metas correspondientes para los híbridos simples y triples, así como de sus respectivos progenitores (líneas y probadores) se consideraron aspectos de importancia para cada una de las variables empleadas.

En cuanto a las intensidades, se considero la importancia relativa de cada característica analizada en los progenitores e híbridos, a las cuales se le otorgo un valor con el objetivo de tener una selección apropiada de genotipos y evitando el desecho de germoplasma potencial. La intensidad empleada para la selección de las líneas y probadores de híbridos simples fue la misma que se utilizo para los híbridos triples; por el contrario, para la elección de los híbridos experimentales sufrieron una modificación de acuerdo con los intereses pertinentes del programa de mejoramiento.

Las metas deseadas para líneas y probadores se establecieron considerando el número de genotipos que mostraban diferencia estadística en cada una de las características involucradas, tomando en cuenta valores positivos o negativos de ACG, según correspondía el interés en cada carácter; y para los híbridos se realizo un ordenamiento de manera ascendente (DF, SF, AP, AMP, AR, AT, MC, PF, CP, CM) o descendente; (REND y PROL), según la importancia de cada variable.

Después de la estimación del IS por repetición para las líneas, probadores e híbridos experimentales, tanto de híbridos simples como de híbridos triples, se continuo con la valorización del comportamiento del IS de los genotipos mediante un análisis de varianza convencional a través de ambientes, con la finalidad de determinar diferencias estadísticas en los ambientes, repeticiones, genotipos y genotipos x ambiente.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + R_{j(i)} + I_k + AI_{ik} + E_{ijk}$$

Donde: Y_{ijk} = variable de respuesta; μ = efecto de la media general; A_i = efecto del i-esimo ambiente; $R_{j(i)}$ = efecto de la j-esima repetición dentro del i-esimo ambiente; I_k = efecto del k-esimo genotipo; AI_{ik} = efecto del k-esimo ambiente; E_{ijk} = error experimental.

Estudio de la interacción genotipo ambiente.

Para modelar la respuesta de los 90 genotipos y el efecto de la interacción genotipo x ambiente se empleo el modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI) y las rutina de programación descrita por Vargas y Crossa (2000) bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + R_{ij}$$

La segunda estrategia para analizar la respuesta a ambientes específicos, y por supuesto la estabilidad de los materiales fue el modelo de regresión de sitios (SREG) (Crossa et al., 2002) cuya descripción se presenta a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + e_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + R_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = rendimiento del i-ésimo genotipo en el j-ésimo ambiente; μ = media general; g_i = efecto del i-ésimo genotipo; e_j = efecto del j-ésimo ambiente; λ_k = raíz cuadrada del vector característico del k-ésimo eje del ACP; α_{ik} = calificación del ACP para el k-ésimo eje del i-ésimo genotipo; γ_{jk} = calificación del ACP para el k-ésimo eje del j-ésimo ambiente; R_{ij} = residual del modelo con .

$$\sim DNI\left(\frac{\sigma^2}{r}\right)$$

Criterios de selección

Para identificar las mejores líneas, probadores e híbridos (simples y triples) se realizó atendiendo a un ordenador de forma ascendente dentro de cada ambiente en base al valor del IS estimado; un valor pequeño de IS y constante a través de los ambientes permitió hacer selección hacia dichos genotipos considerándolos como superiores.

Otra manera para la selección de los mejores materiales a través de ambientes se realizó empleando el modelo (SREG), propuesto por Yan y Hunt (2002) de acuerdo con el planteamiento de Yan et al. (2001) infiriendo en que los genotipos y ambientes ideales son aquellos que tienen el vector de mayor longitud con relación al primer componente principal y que estén más cercanos al origen del segundo componente principal por su asociación directa con la estabilidad.

Con la ayuda de esta herramienta estadística gráfica es posible darle una explicación y sentido más claro y veraz sobre el comportamiento específico del IS a un ambiente en particular y finalmente estar en condiciones de seleccionar los genotipos prometedores.

Para selección de líneas se considero aquellas que presentaron el mejor índice de selección estimado en base a su aptitud combinatoria general.

Para la identificación de nuevos híbridos con mayores posibilidades de explotación comercial se considero aquellos que presentan un mejor índice de selección estimado a en base a sus valores fenotípicos y su respuesta a la interacción genotipo x ambiente en base a este parámetro.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos e hipótesis que se plantearon en este trabajo, se llevo a cabo un análisis de varianza general combinado a través de localidades donde se incluyeron las nueve variables agronómicas de mayor importancia. Para estimar los efectos de aptitud combinatoria de los progenitores dentro de cada tipo de cruza se efectuó un análisis de varianza de Línea x Probador.

Análisis de Varianza General Combinado

Para conocer el grado de variación entre los diferentes ambientes, híbridos, y las diferentes interacciones se realizó un análisis de varianza general combinado, el cual muestra que la fuente de variación localidad (LOC) presento diferencias altamente significativas al ($P \leq 0.01$) para todas las variables lo cual indica que los ambientes involucrados en el presente estudio no presentaron las mismas características, esto es importante porque se podrán identificar materiales sobresalientes a través de los ambientes de evaluación.

La fuente de variación repetición dentro de localidad REP (LOC), dice que hay una diferencia significativa solo para la variable de rendimiento al ($P \leq 0.01$) lo que significa que el rendimiento en las dos repeticiones dentro de localidad fue diferente, esto puede atribuirse al manejo agronómico, tipo de suelo, etc. Mientras que para la variable de FM, AT Y FUS al ($P \leq 0.05$), atribuyéndose a los efectos anteriormente explicados no presentaron significancia las variables FF, AM, AR Y CAL lo cual indica que la repetición por localidad para estas variables no mostraron diferencia en los ambientes de referencia.

Híbridos (HIB), presentan una significancia al ($P \leq 0.01$) para todas las variables de interés REND, FM, FF, AP, AM, AR, FUS, CAL, lo cual muestra que los híbridos son diferentes en cuanto a su desempeño y por lo tanto al menos uno debe ser mejor al resto, a excepción de la variable AT donde no se detectó significancia estadística, lo cual indica que esta variable fue de comportamiento similar en todos los híbridos evaluados.

La fuente de variación localidad por híbrido (LOCxHIB), presentó significancia al ($P \leq 0.01$) para cinco variables REND, FM, FF, AR, FUS, lo cual indica que hay diferencia altamente significativa en el ordenamiento de los híbridos que se establecen en las diferentes localidades y al ($P \leq 0.05$) para las variables de CAL, lo cual indica que hay diferencia entre los materiales en cada ambiente evaluado ya que su calificación es diferente, solo AP, AM y AT no presentaron significancia. Esto indica que los híbridos presentan un desempeño parecido de los caracteres relativo al ambiente donde se evalúan.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza general para las distintas variables de evaluación.

FV	GL	REND	F M	FF	AP	AM
LOC	2	912.426942 **	60080.89 **	55282.09 **	269941.4 **	122531.5 **
REP (LOC)	3	45.233497 **	10.0712 *	5.2378	387.6406	222.4392
HIB	95	11.285441 **	16.0096 **	14.5162 **	584.288**	619.7513 **
LOC (HIB)	190	7.70801 **	8.8151 **	14.5162 **	193.1213	313.7244
ERROR		4.323321	3.5659	2.9396	193.6126	279.555
CV		17.14733	2.361633	2.167096	5.875605	13.12455
MEDIA		12.12585	79.96007	79.11632	236.8177	127.3941
FV	GL	AR	AT	FUS	CAL	
LOC	2	6882.50694 **	479.074 **	397.815 **	30.0625 **	
REP (LOC)	3	104.15799	64.13541 *	15.58092 *	0.78298611	
HIB	95	371.45393 **	15.10848	9.667327 **	0.677467 **	
LOC (HIB)	190	201.45782 **	12.393951	7.782311 **	0.509868 *	
ERROR		91.0176	11.854715	3.736359	0.3268458	
CV		133.2821	207.4484	80.73298	18.95807	
MEDIA		7.157986	1.659722	2.394271	3.015625	

*, ** Significativos a los niveles de probabilidad al 0.05 y 0.01 respectivamente; FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de variación; REND; Rendimiento; FM= Floración masculina; FF= Floración femenina; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; AR= Acame de raíz; AT= Acame de tallo; FUS= Fusarium; CAL= Calificación de planta.

El coeficiente de variación exhibió valores aceptables para las variables que siguen una distribución normal, no siendo así para las variables de AR, AT y fusarium, ya que estas variables se midieron en porcentaje y sus datos no siguieron una distribución normal.

En el agrupamiento de Tukey, se indica que para la variable de rendimiento, acame de raíz, acame de tallo y fusarium, quedaron prácticamente todos dentro del mismo grupo estadístico, mientras que para las variables de altura de planta y mazorca, floración masculina, floración femenina y calificación de planta quedaron en grupos estadísticos diferentes.

Por lo que se sugiere hacer índices de selección para saber cual híbrido tiene mejor comportamiento y es mas estable en las diferentes localidades. Sin embargo se hará una preselección en función del comportamiento superior por variable, esto se presenta en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2. Agrupación Estadística de 3 localidades en base a la prueba de Tukey para los 10 híbridos sobresalientes, donde se evaluaron los caracteres siguientes.

REND				FM				FF			
HIB	MEDIA	TC	G.EST.	HIB	MEDIA	TC	G.EST.	HIB	MEDIA	TC	G.EST.
267	14.643	3	A	268	74.83333	3	H	268	75.83333	3	K
257	14.63943	2	A	267	76.16667	3	GH	88	76.33333	2	JK
3	14.63243	1	A	86	77.5	2	FGH	151	76.66667	2	IJK
228	14.39085	2	A	151	77.5	2	FGH	48	76.83333	1	HIJK
269	14.28717	3	A	48	77.66667	1	EFGH	86	76.83333	2	HIJK
26	14.11058	2	A	146	77.66667	2	EFGH	87	76.83333	1	HIJK
89	14.06005	2	A	47	77.83333	2	EFGH	47	77	2	HIJK
266	13.65733	3	A	88	78	2	EFGH	146	77	2	HIJK
193	13.65128	2	A	54	78.16667	2	DEFGH	267	77	3	HIJK
61	13.60977	2	A	59	78.16667	2	DEFGH	46	77.16667	2	GHIJK

REND= Rendimiento; FM= Floración Masculina; FF= Floración Femenina; HIB= Híbrido; MEDIA= Media General; TC= Tipo de Cruza; G. EST. Grupo estadístico

Continuación, Cuadro 4.2. Agrupación estadística de 3 localidades en base a la prueba de Tukey híbridos sobresalientes, donde se evaluaron los caracteres siguientes.

AP				AM				AR	
HIB	MEDIA	TC	G.EST.	HIB	MEDIA	TC	G.EST.	HIB	MEDIA
60	212.6667	1	H	268	102.3333	3	C	88	0
48	213.1667	1	GH	58	105.6667	2	BC	23	0.5

148	215.5	1	FGH	147	106.1667	2	ABC	29	0.5
226	219.3333	1	EFGH	148	108.5	1	ABC	85	0.5
35	219.6667	1	DEFGH	192	110.3333	2	ABC	98	0.5
34	221.8333	2	CDEFGH	23	111.5	2	ABC	18	0.666667
24	222.8333	1	CDEFGH	34	113.3333	2	ABC	39	0.666667
151	223.3333	2	CDEFGH	85	115.5	2	ABC	71	0.666667
23	223.8333	2	CDEFGH	40	115.6667	2	ABC	161	0.666667
87	224.1667	1	CDEFGH	260	115.8333	2	ABC	22	0.833333

AP= Altura de Planta; AM= Altura de mazorca; AR= Acame de Raíz; HIB= Híbrido; MEDIA= Media General; TC= Tipo de Cruza; G. EST. GrupoEstadístico

Continuación, Cuadro 4.2. Agrupación estadística de 3 localidades en base a la prueba de Tukey híbridos sobresalientes, donde se evaluaron los caracteres siguientes.

AT				FUS				CAL	
HIB	MEDIA	TC	G. EST.	HIB	MEDIA	TC	G. EST.	HIB	MEDIA
265	0.166667	1	C	61	1	2	C	34	2.333333
63	0.333333	1	C	78	1	2	C	58	2.333333
3	0.5	1	C	81	1	2	C	71	2.333333
35	0.5	1	C	39	1.166667	2	C	228	2.333333
40	0.5	2	C	60	1.166667	1	C	1	2.5
78	0.5	2	C	70	1.166667	2	C	23	2.5
146	0.5	2	C	97	1.166667	2	C	61	2.5
19	0.666667	1	C	1	1.333333	2	C	88	2.5
24	0.666667	1	C	3	1.333333	1	C	26	2.666667
34	0.666667	2	C	22	1.333333	2	C	33	2.666667

AT= Acame de Tallo; FUS= Fusarium; CAL= Calificación; HIB= Híbrido; MEDIA= Media General; TC= Tipo de Cruza; G. EST. GrupoEstadístico

El cuadro 4.2 muestra los híbridos más sobresalientes con atención a cada variable en específico, así como su media general. Correspondiendo el tipo de cruza: 1 representa las cruza simples, 2 las cruza triple y 3 los testigos, en este Cuadro se muestran que la mayoría de las variables favorables corresponden mayormente a los híbridos triples, ya que estos fueron formados por progenitores de diferente grupo heterótico y expresan más heterosis en relación al híbrido simple que se obtuvo de la combinación de progenitores del mismo grupo heterótico, en esta Cuadro también se puede apreciar el grupo estadístico al que pertenecen los materiales incluidos.

Los testigos pertenecientes a empresas semilleras y demuestran tener características favorables pero solo para tres variables en particular, tal es el caso del híbrido 267 que demuestra ser muy precoz y con un alto rendimiento pero con características negativas para las demás variables.

El testigo 268 muestra ser precoz y con una buena altura de mazorca, pero con características no muy favorables en las demás variables.

Estos datos permitieron seleccionar tres híbridos experimentales, 23, 34 y 88, con valores favorables en cuatro variables, en las cuales muestran ser aptos a través de los diferentes ambientes.

Cuadro 4.2.1. Detalles de los híbridos sobresalientes en base a 4 variables agronómicas de interés diferentes.

LOC	HIBRIDO	REP	PROBADOR	LINEA	TC	AP	AM	FM	FF	AR	AT	P.FUS	CAL.P	REND.
1	23	1	3	7	2	190	90	96	96	0	0	4	3	11.04
1	23	2	3	7	2	188	79	97	94	0	0	11	3	6.36
2	23	1	3	7	2	250	130	70	70	0	1	1	1	16.52
2	23	2	3	7	2	240	120	68	68	0	1	5	4	11.82
3	23	1	3	7	2	245	140	70	70	0	12	1	2	14.49
3	23	2	3	7	2	230	110	69	69	3	1	1	2	14.44
1	34	1	3	9	2	192	96	98	98	0	0	0	3	12.48
1	34	2	3	9	2	184	94	101	98	0	0	3	3	8.06
2	34	1	3	9	2	240	130	68	67	0	1	3	2	12.86
2	34	2	3	9	2	255	145	70	70	0	3	4	2	14.03
3	34	1	3	9	2	230	110	70	70	1	0	1	2	16.31
3	34	2	3	9	2	230	105	70	70	4	0	1	2	16.13
1	88	1	2	24	2	192	101	93	91	0	0	0	3	8.24
1	88	2	2	24	2	209	110	99	94	0	0	0	3	12.07
2	88	1	2	24	2	255	145	69	69	0	2	2	2	16.04
2	88	2	2	24	2	295	175	68	67	0	2	3	3	14.70
3	88	1	2	24	2	240	125	69	68	0	0	2	2	13.40
3	88	2	2	24	2	270	140	70	69	0	0	1	2	13.64

Loc= Localidad, Rep= Repetición, TC= Tipo de cruce, AP=Altura de planta, AM=Altura de mazorca, FM= Floración masculina, FF= Floración femenina, AR=Acame de raíz, AT= Acame de tallo, P.FUS= Plantas con fusarium, CAL.P= Calificación de planta, REND=Rendimiento.

El cuadro 4.2.1 muestra el comportamiento de tres híbridos sobresalientes siendo todos híbridos triples, los cuales tienen buen comportamiento con cuatro de los caracteres evaluados, el híbrido 23, conformado por el probador 3) CS2 y la línea ((M16xE-197) xM16)-15-2, salió con buenos atributos en cuanto a su altura de planta, altura de mazorca, acame de raíz y calificación, este híbrido tiene una media de 223.88 cm de altura de planta, 111.5 cm de altura de mazorca, presentó 0.5 % de acame de raíz y una calificación promedio de 2.5%.

En la localidad de el Prado Nuevo León el híbrido 23 demostró características similares en los datos obtenidos en las dos repeticiones a diferencia de plantas con fusarium y rendimiento, esto probablemente debido al manejo agronómico que se le dio al cultivo, también puede haber influenciado el tipo de terreno para que este material se expresara de esa manera.

En la localidad de Jaral del progreso existieron diferencias en las variables en comparación a la localidad de el Prado Nuevo León, ya que aquí se aumentaron las alturas pero disminuyeron los días a floración, lo que demuestra ser un híbrido precoz, no sufre acame de tallos, pero se muestran cambios en el rendimiento en las dos repeticiones por motivo del tipo de terreno y manejo del cultivo.

Para la localidad de Silao el clima demuestra ser parecido al de Jaral del progreso, ya que sus alturas se ven parecidas y también es un material precoz, el rendimiento en estas dos repeticiones se ve estable lo que significa que sus dos repeticiones no se vieron afectadas por el clima o por el manejo agronómico del cultivo.

Otro de los híbridos sobresalientes es el híbrido 34 el cual resultado de la cruce del probador 3) CS2 y la línea ((M16Xpe-115-3-1-3) xm16)-1-1. Esta cruce triple tiene buenos atributos en altura de planta, altura de mazorca, acame de tallo y calificación, casi mostrando los mismos atributos que el híbrido 23 pero con la diferencia de los acames.

Este híbrido tienen una media en las tres localidades de 221.83 cm de altura de planta, 113.33 cm de altura de mazorca, 0.6 % de acame de tallo y 2.33 % de calificación de planta, esto debido a que una cruce triple tiene mejores características fenotípicas por lo que lo hace más atractivo visualmente.

Este híbrido muestra características similares en el Prado Nuevo León, en dos repeticiones, con alturas bajas en plantas pero con floraciones tardías, pero con una calificación un poco elevada, lo que indica que no demostró buen porte y buena atracción visual para el mejorador, solo cambia en cuanto a su rendimiento debido al manejo agronómico o tipo de suelo.

En la localidad de Jaral del Progreso mostro alturas elevadas, pero floraciones tempranas haciéndolo más precoz, mantuvo un buen porte fisiológico ya que su calificación de planta fue muy bueno, mostrando ser un material muy atractivo, también mantuvo buen rendimiento.

Para la localidad de Silao este híbrido mantuvo una altura estable, demostró ser precoz en la zona, mantuvo un porte fisiológico atractivo para el mejorador ya que su calificación es muy buena y mantuvo su rendimiento elevado en muy buena proporción.

El híbrido 88 también es un híbrido triple resultado de la cruce del probador 2) CS1 y la línea (M13X232-10-11-1-A)-2-2, el cual resultado de importancia para las variables de floración masculina y femenina, acame de raíz y calificación de planta, este híbrido tiene una media de 78 días a floración masculina, 76.33 días a floración femenina, presenta 0% de acame de raíz y una calificación de planta de 2.5 %, con los datos obtenidos demuestra ser un híbrido con buena precocidad, con buenas raíces ya que no sufre de acame de raíz y con un buen porte fenotípico visual.

Para la localidad del Prado Nuevo León, este híbrido mantuvo alturas bajas pero floraciones muy tardías, este material no se vio afectado por acames de raíz, tallo y plantas con fusarium, pero su calificación fue de 3 lo que indica que este material no es demasiado atractivo aun siendo un híbrido triple.

aunque su rendimiento fue bueno se vio afectado por repetición probablemente por el tipo de suelo entre otras características.

En la localidad de Jaral del progreso mostro alturas muy elevadas pero floraciones tempranas, también mostro no verse afectado por el acame de raíz lo que indica que tiene buenas raíces, mantuvo una calificación dentro de lo normal y su rendimiento fue bueno aunque también mostro verse modificado por repetición.

Este híbrido en Silao mostro alturas elevadas, floraciones tempranas lo que lo hace ser precoz, también no se vio afectado por acames de raíz y demostró ser un buen material con buen porte fenotípico y con un rendimiento promedio por repetición.

El anterior análisis solo permite conocer resultados en cuanto a híbridos y no en cuanto a las líneas y probadores que les dieron origen por lo cual se realizó un análisis que involucra a las líneas y probadores con sus respectivas interacciones, resumiendo sus resultados en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios del análisis de varianza línea por probador para nueve variables de importancia agronómica evaluadas en tres localidades durante el verano del 2011.

FV	GL	REND.	FM	FF	AP	AM
LOC	2	793.341**	50869.68 **	55800.85 **	251702.10**	112136.8 **
REP / LOC	3	42.001 **	7.4775	13.3876 *	494.5581 *	289.262
LINEA	28	9.102 *	20.3546 **	22.3641 **	555.9148 **	843.719 **
PROBADOR	2	195.475 **	58.2688 **	86.2722 **	3665.580**	2230.384 *
LINEA X PROB	56	5.380	5.0638	5.8727	311.5997 *	345.6126
ERROR		5.781	4.1722	5.0063	187.6973	301.4357
CV		19.973	2.584889	2.797435	5.810453	13.66152
MEDIA		12.038	79.0206	79.98315	235.7865	127.0861

FV	GL	AR	AT	FUS	CAL
LOC	2	7270.574 **	444.174 **	430.473 **	28.973 **
REP / LOC	3	121.27715	68.3932 *	159644195 *	1.159176 *
LINEA	28	206.61686	16.6517016	8.4102435 *	1.179546 **
PROBADOR	2	10599.55 **	111.6150 *	74.35165 **	4.951234 **
LINEA X PROB	56	131.86628	12.7437011	4.1747037	0.35358366
ERROR		140.9459	12.861739	4.269214	0.413631
CV		160.9057	211.3795	87.4984	21.26548
MEDIA		7.378277	1.696629	2.361423	3.024345

*, ** Significativos a los niveles de probabilidad al 0.05 y 0.01 respectivamente; FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de variación; REND; Rendimiento; FM= Floración masculina; FF= Floración femenina; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; AR= Acame de raíz; AT= Acame de tallo; FUS= Fusarium; CAL= Calificación de planta.

En dicho cuadro, el efecto de las localidades tuvo impacto en todas las variables de importancia agronómica evaluadas, lo cual indica que las fuentes de variación mostraron diferencias al ($P \leq 0.01$) probablemente debido a que son diferentes ambientes, diferente tipo de suelo y también puede influir el manejo agronómico que se realizó en cada localidad, arrojando como mejor localidad para REND, según el agrupamiento de Tukey a Silao con una media de 13.5568, segunda mejor localidad Jaral del progreso con una media de 12.9304 y por último la localidad de el Prado Nuevo León con 9.6274 ton/ha,

Con esto podemos concluir que se puede hacer una mejor selección de híbridos a través de los ambientes.

Con respecto a floración masculina y femenina; las mejores localidades fueron Jaral del Progreso y Silao con una media de 69 días pertenecientes al grupo estadístico B, y la peor localidad fue El Prado Nuevo León con 98.5 días a floración, esta pertenece al grupo A que es más tardío, esta variable es de gran importancia ya que entre menor sea el número de días a floración, el material es más precoz y podemos seleccionar líneas por localidad que sean más precoces para evitar posibles problemas con los cambios climáticos, que en la actualidad están generando mucha polémica por el número de heladas que han caído en zonas donde nunca había helado, esto depende de las diferencias climáticas que existen por localidad.

Altura de planta, la mejor localidad para esta variable la mostro el Prado Nuevo León con una media de 194 cm, seguido de Silao con 245 cm y Jaral del Progreso con 267 cm, lo cual nos indica que las alturas si se ven con diferencias significativas en cuanto a cada localidad donde se establecieron.

El Acame de raíz, la mejor localidad para esta variable fue Jaral del Progreso con una media de 0, seguido de el Prado Nuevo Leon con una media de 10.93% y por ultimo Silao con una media de 11.19%, lo que indica que hay influencia del ambiente en cada localidad o que el manejo agronómico influyó por localidad.

Con respecto al Acame de tallo, la mejor localidad fue el Prado Nuevo León con 0.3%, seguida de Silao con una media de 1.3% y por último el Prado Nuevo León con una media de 3.4%, lo cual indica que hay una fuerte influencia del ambiente por localidad o que el manejo agronómico pudo influenciar en dicha variable.

La variable para Fusarium indica que la localidad de Prado Nuevo León tuvo una media de 1%, seguida de Silao con 2% y por último Jaral con una media de 4% con dicha enfermedad, esto indica que hay diferencia en localidades debido a los diferentes ambientes que existen entre ellos.

Para Calificación de planta, esta variable indica que localidad de Silao fue la mejor de acuerdo a la calificación visual que se realizó por cada material, con una calificación media de 2.5, mientras que Jaral y el Prado tuvieron una media de 3 en su calificación visual. Con estas variables es posible hacer una selección de híbridos, los cuales se hayan comportado bien dentro de las localidades donde fueron evaluados.

Un resultado muy importante es el que muestra el efecto de la fuente de variación de repeticiones dentro de las localidades ya que estos mostraron diferencias estadísticas significativas ($P=0.01$) para la variable de rendimiento, esto indica que las repeticiones dentro de cada localidad son diferentes, esto puede ser debido al tipo de suelo, mayor número de nutrientes en una parte que en otra, también el riego puede influir en el rendimiento, para el caso de las variables de; FF, AP, AT, FUS Y CAL, tuvieron una diferencia significativa al ($P=0.05$), lo cual indica que hubo diferencia entre las repeticiones por localidad, mientras que las variables; Floración masculina, altura de mazorca y acame de raíz, no mostraron diferencia alguna, en base a esto podemos decir que los materiales presentaron un comportamiento diferente dentro de las repeticiones de cada localidad.

Dado que la fuente de variación líneas presentó significancia para la mayoría de las variables evaluadas en el cuadro 4.4 se presenta el comportamiento de las líneas con efectos favorables para ACG (estadísticamente diferentes de cero), para cada variable.

Cuadro 4.4 Resumen de las mejores líneas con efectos significantes en ACG para todas las variables de evaluación.

VAR	REN D (ton)		Linea	FM (Dias)		Linea	FF (Dias)		Linea	AP (cm)		Linea	AM (cm)	
	Media	ACG		Media	ACG		Media	ACG		Media	ACG		Media	ACG
1	13.628	1.59	23	76.94	2.0762	23	77.94	2.0387	9	225.9	9.8421	45	110.8	16.3084
17	13.21	1.17	13	77	2.0206	13	78	1.98315	45	227	8.7865	16	115.1	11.975
20	12.779	0.74	45	77.39	1.6317	45	78.22	1.76092	74	227.1	8.6754	9	115.8	11.2528
			24	77.5	1.5206	24	78.5	1.48315	7	228.9	6.8976	23	118.4	8.6973
			46	77.72	1.2984	46	78.61	1.37203	16	229.7	6.1199	21	119.1	7.975
			16	77.78	1.2428	16	78.78	1.20537	23	230.1	5.6754	7	120.1	7.0306
			28	79.22	0.76092	28	79.22	0.76092	19	230.4	5.3421	17	121.1	6.0306
									11	230.6	5.1754			
									22	231.2	4.6199			
VAR	AR (%)		Linea	FUS (%)		Linea	CAL							
Linea	Media	ACG		Media	ACG		Media	ACG						
17	1.7222	-5.7	17	1.444	0.917	9	2.611	0.41323						
16	2.5	-4.9	1	1.5	0.8614	17	2.611	0.41323						
7	3.0556	-4.3				7	2.722	0.30212						
						16	2.722	0.30212						
						19	2.722	0.302						

		12
74	2.72	-
	2	0.302
		12
24	2.77	-
	8	0.246
		57

VAR= Variables al (P=0.05); REND= Rendimiento; FM= Floración masculina; FF= Floración femenina; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; AR= Acame de raíz; AT= Acame de tallo; FUS= Fusarium; CAL= Calificación de planta; ACG= Aptitud combinatoria general.

(Robles, 1986), hace mención que la ACG es un medio de hacer una selección preliminar de un alto número de líneas, ya que determina en cierta forma el comportamiento promedio de las líneas.

La mejor línea fue la línea 16 ((M6xPE-212-1) x M6)-16-1, ya que tiene efectos favorables en ACG para seis de las variables de gran importancia; FM, FF, AP, AM, AR Y CAL, lo que se interpreta es que cada que esta línea se cruce con otra para formar un híbrido le restara 1.24 días al promedio de la floración masculina, mientras a la floración femenina le restara 1.20 días al promedio general de floración, también bajara la altura de planta en 6.11 cm y de mazorca en 11.9 cm, así como reducirá en un 4.8% el riesgo de acame de raíz, también esta línea presenta un porte visual con una calificación promedio de 3 de la escala de propuesta; esto quiere decir que el material que forme al momento de la cruce será de buen porte, buenos tallos, buena raíz, será un material bajito y con muy buena precocidad.

La línea 17 ((M7xE-197) x M7)-16-2 tiene efectos favorables en ACG para 5 variables de importancia; REND, AM, AR, FUS Y CAL, lo que se interpreta es que cada que esta línea se cruce para formar un híbrido incrementara su rendimiento en 1.17 ton, su altura de mazorca se reducirá en 6 cm al promedio general, reducirá la probabilidad de que el material presenta acame de raíz en 5.7%, reduciendo también la probabilidad de que sufra la enfermedad de fusarium en 0.917% y tendrá un buen porte fisiológico con una calificación promedio de 3 en su escala de evaluación.

Dado que la fuente de variación probadores presentó significancia en la mayoría de las variables evaluadas, para hacer un mejor análisis de ello en el Cuadro 4.5 se muestra el comportamiento de ACG de cada probador para las diferentes variables, lo que facilitará la selección de los más sobresalientes.

Cuadro 4.5. Comportamiento de los probadores de acuerdo a su ACG en los caracteres evaluados.

Pr ob	REN	ACG	Pr ob	FM	ACG	Pr ob	FF	ACG	Pr ob	AP	ACG	Pr ob	AM	ACG
	D (ton) Medi a			(día s) Medi a			(día s) Medi a			(cm) Medi a			(cm) Me dia	
2	12.9 31	0.893 15	1	79.6 37	0.617 3	1	80.7 41	0.758 23	2	240. 45	4.669 04	1	130. 56	3.482 82
3	12.2 85	0.247 12	2	78.9 33	0.087 2	2	79.8 72	0.110 9	3	235. 93	0.146 82	3	127. 08	0.002 81
1	10.8 58	1.179 5	3	78.5 11	0.509 4	3	79.3 61	0.622 0	1	230. 80	4.981 9	2	123. 72	3.363 92
Pr ob.	AR	ACG	Pr ob.	AT	ACG	Pr ob.	FUS	ACG	Pr ob.	CAL	ACG			
	(%) Medi a			(%) Medi a			(CM) Medi a			(%) Medi a				
1	16.4 138	9.035 52	1	2.60 92	0.912 57	1	2.97 126	0.609 84	1	3.20 115	0.176 8			
2	3.45 56	3.922 72	3	1.39 444	0.302 18	3	2.43 333	0.071 91	3	3.01 111	0.013 23			
3	2.56 67	4.811 61	2	1.11 667	0.579 96	2	1.7 42	0.661 42	2	2.86 667	0.157 68			

REND= Rendimiento; FM= Floración masculina; FF= Floración femenina; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; AR= Acame de raíz; AT= Acame de tallo; FUS= Fusarium; CAL= Calificación de planta; ACG= Aptitud combinatoria general.

Del cuadro anterior se desprende que el mejor probador (como progenitor de híbridos) fue el 2) CS1, quien demuestra que cualquier línea que se cruce con este probador reducirá su floración masculina y femenina, bajara la altura de mazorca, tendrá menos presencia de acames en su cruza, bajara en un porcentaje la presencia de fusarium y tendrá un muy buen porte fenotípico y sobre todo aportara 0.893 toneladas al rendimiento promedio de la cruza, el segundo probador en cuanto a buen comportamiento genético es el 3) CS2, ya que muestra las mismas características pero en menor porcentaje para algunos caracteres y el probador menos eficiente como progenitor, ya que aporta más al promedio en general es el 1) PE-212-1-2-A, este probador si alguna línea se cruza con él para la formación de algún híbrido incrementara todos estos caracteres con excepción del rendimiento ya que lo reduce en 1.17 toneladas, el único carácter que beneficia es a la AP, porque lo reduce en 4 cm.

En cuanto a su capacidad para discriminar líneas los probadores se clasificaran de acuerdo al valor de F generado en el análisis de varianza. Donde los probadores con mayores valores de “F” tienen mayor poder de discriminación.

4.6. Resumen de los valores de “F” por probador de acuerdo a su análisis de varianza.

MATERIAL	REND	FM	FF	AP	AM	AR	AT	FUS	CAL
LINEA	2.35	123.74	156.45	14.87	5.38	2.79	1.82	2.26	2.95
CS1	3.76	151.17	121.21	13.53	3.31	1.56	4.79	3.79	1.86
CS2	3.12	99.43	132.67	14.46	4.9	5.3	1.41	2.78	2.27

CS1= Cruza simple 1; CS2= Cruza simple 2; REND= Rendimiento; FM= Floración masculina; FF= Floración femenina; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; AR= Acame de raíz; AT= Acame de tallo; FUS= Fusarium; CAL= Calificación de planta.

Entre mayor sea el valor de “F”, mayor será la capacidad del probador para discriminar a las líneas, para el caso de rendimiento indica que la CS1 tiene mayor capacidad para discriminar a las líneas, para el caso de la variable de floración masculina sigue siendo la CS1, para la floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, acame de raíz y calificación.

La línea como probador demostró ser mayor en su valor de “F”, lo que significa que la línea se muestra tal y como es y tienen un gran poder para discriminar líneas ya que no enmascara nada.

Cuadro 4.7 Análisis de varianza para tipo de cruza

FV	GL	REND.	FM	FF	AP	AM
LOC	2	482.001**	28968.7**	27515.162 **	127803.482 **	63224.882 **
REP (LOC)	3	45.233**	10.071	5.237	387.64	222.439
TC	2	207.707 **	76.143 **	82.730 **	7096.664 **	1912.647 *
LOC (TC)	4	45.450 **	12.806	17.786 *	737.251 *	978.622*
T vs. CS, CT	1	87.549 **	10.119	51.27 *	9176.897 **	425.842
CS vs. CT	1	359.131 **	148.386 **	98.361 **	6405.917 **	3130.767 *
ERROR		5.623	7.1074	6.189	230.917	337.619
CV		19.556	3.334	3.144	6.416	14.423
MEDIA		12.125	79.96	79.116	236.817	127.394
\bar{x} H.Simple		10.858	80.741	79.637	230.804	130.568
\bar{x} H. Triple		12.608	79.616	78.722	238.194	125.402
\bar{x} Testigo		13.24	79.666	80.333	249.928	131.309
FV	GL	AR	AT	FUS	CAL	
LOC	2	3228.421**	233.771 **	118.162 **	15.491 **	
REP (LOC)	3	104.157	64.135 *	15.580 *	0.782	
TC	2	10713.408 **	39.847 *	51.945 *	4.312 **	
LOC (TC)	4	3926.779 **	20.278	30.531 *	3.266 **	
T vs. CS, CT	1	1105.57 *	3.29	3.308	1.052	
CS vs. CT	1	21071.425 **	72.525 *	95.988 **	8.068 **	
ERROR		110.587	12.425	2.394	0.412	
CV		146.913	212.383	100.042	21.299	
MEDIA GRAL.		7.157	1.659	2.394	3.015	
\bar{x} H.Simple		16.413	1.16	2.971	3.201	
\bar{x} H. Triple		3.011	1.947	2.066	2.938	
\bar{x} Testigo		4.357	1.261	2.811	2.904	

FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; REND= Rendimiento; FM= Floración masculina; FF= Floración femenina; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; AR= Acame de raíz; AT= Acame de tallo; FUS= Fusarium; CAL= Calificación de planta.

La fuente de variación de tipo de cruce TC, muestra que se manifestaron diferencias estadísticas al ($P=0.01$) para las variables de REND, FM, FF, AP, AR, CAL. Esta situación se atribuye a la diferencia genética entre cruces simples y cruces triples; por otro lado, también pudo influir el nivel de participación de cada progenitor.

Para las variables de AM, AT Y FUS son significativas al ($P\leq 0.05$), lo que puede ser atribuido a diferencias de una cruce simple a una cruce triple, esto asociado a la heterosis que manifiesta cada cruce sabiendo que las cruces triple se realizaron de dos grupos heteróticos por lo que manifiestan más su heterosis, y la cruce simple se realizó del mismo grupo heterótico.

Toda vez que se detectó diferencia estadísticamente significativa, se procedió a realizar los contrastes T vs CS, CT; CS vs CT.

El contraste de T vs CS, CT, demostró una diferencia altamente significativa al ($P=0.001$) para las variables de rendimiento y altura de planta, el testigo tiene un rendimiento superior de 13.24 ton, mientras que la cruce simple tiene 10.858 ton y la triple 12.608 ton, la altura de planta mostró ser más elevada en el testigo con 249.92 cm a diferencia de la cruce simple con 230.80 cm y la triple con 238.19.

Para la floración femenina existe diferencia significativa al ($P=0.05$) para las variables de floración femenina y acame de raíz con diferencias claras del testigo en comparación de las cruces simples y triples, el testigo demostró ser más tardío en días a floración que los híbridos simples y triples, las otras variables no tuvieron diferencias significativas, esto indica que se comportaron de la misma manera la cruce simple, triple y el testigo.

El contraste de CS vs CT, demuestra diferencias altamente significativas al ($P=0.01$) para las siguientes variables rendimiento, floración masculina y femenina, altura de planta, acame de raíz, fusarium, calificación y al ($P=0.05$) para las variables de altura de mazorca y acame de tallo, esto indica que hay una gran diferencia entre los híbridos simples y triples demostrándose que en la mayoría de las variables mantuvo superioridad el híbrido triple en contra del simple, el híbrido simple solo lo superó en el promedio de altura de planta y acame de tallo.

Cuadro 4.8 Información básica para la construcción del índice de selección para híbridos experimentales de acuerdo a 4 variables de interés para un mejorador.

VARIABLE	N	MEDIA	DESVIACION FENOTIPICA	SUMA	MINIMO	MAX
FF	96	79.11632	1.55543	7595	75.83333	84.66667
AM	96	127.3941	10.16326	12230	102.33333	148.83333
FUS	96	2.39115	1.27234	229.55	1	9.18333
CP	96	3.01563	0.33602	289.5	2.33333	3.83333

FF= Floración femenina; AM= Altura de mazorca; FUS= Plantas con Fusarium; CP= Calificación de Planta.

Se seleccionaron cuatro variables de interés para un mejorador FF, AM, FUS, CAL, debido a que estas variables son de parámetros con unidades distintas (días, cm, porcentaje y calificación visual), es necesario estandarizar todos los valores para que las distintas características puedan combinarse.

Para sacar el valor de la meta deseada en unidades Z para cada variable se tomara el valor dependiendo la variable evaluada, en este caso para floración hembra se tomara el valor mínimo ya que lo que nos interesa es que haya precocidad, para altura de mazorca nos interesan los materiales más bajos por lo que se tomara el valor mínimo, para plantas con fusarium se tomara el valor más pequeño, ya que va en porcentaje y para calificación de planta se toma el valor dependiendo a la escala como se haya evaluado en este caso es siendo de menor a mayor, por lo que se toma el valor más bajo.

El valor Z, para floración femenina es de -2.11, para altura de mazorca es de 2.46, fusarium -1.09 y calificación de planta -2.029.

Cuadro 4.8.1. Identificación del mejor híbrido para las cuatro variables evaluadas

HIB	FF	AM	FUS	CAL	IS
58	78	105.667	1.33333	2.33333	4.5479
85	77.1667	115.5	1.5	2.83333	6.4493
147	77.1667	106.167	2.83333	2.83333	6.5416
146	77	117.667	1.5	2.83333	6.6809
86	76.8333	118.167	1.83333	2.83333	6.8011
61	78.3333	118.167	1	2.5	6.8764
34	78.8333	113.333	2	2.33333	7.1227
87	76.8333	121.5	2	2.83333	7.5217
23	77.8333	111.5	3.83333	2.5	7.7297
71	78.3333	123	2	2.33333	7.9366
271	84.6667	148.833	2	3.16667	23.4319

HIB= Híbrido, FF= Floración femenina, AM= Altura de mazorca, FUS= Fusarium, CAL= Calificación, IS= Índice de selección.

De acuerdo a los valores de índice de selección el mejor híbrido (con un IS=4.55), fue el 58 resultado de la cruce de la línea 16 ((M6xPE-212-1) x M6) -16-1 y el probador 2 CS1, ya que cumple con las características deseadas el mejorador, ya que entre más pequeño es el valor del índice más cerca se encuentra el genotipo de los criterios deseados por el mejorador, el peor material (con in IS=23.43), es el híbrido 271 siendo este un testigo de una compañía semillera, este es el peor porque el resultado del índice es muy elevado.

Los índices de selección son una de las mejores herramientas de la que puede echar mano el mejorador para la identificación de híbridos sobresalientes de acuerdo a las variables que busque el mejorador (Barreto H., J., J.A Bolaños y H.S., Córdova. 1991).

Con la intención de dar cumplimiento a uno de los objetivos que menciona la importancia de la estabilidad en la selección de los nuevos híbridos, se presenta la Figura 1 donde podemos destacar que el híbrido 58 resultado de la cruce de la línea 16 ((M6xPE-212-1) x M6) -16-1 y el probador 2 CS1, aparte de tener atributos deseados por el mejorador como son la floración masculina, altura de mazorca, fusarium y calificación de planta, tiene una buena estabilidad y un buen rendimiento.

Por otra parte otros híbridos que mostraron buen potencial de rendimiento fueron el número 1 y el 269 este último perteneciente a una empresa semillera, pero tiene la desventaja de que es un híbrido tardío, con una altura de planta y mazorca muy elevada.

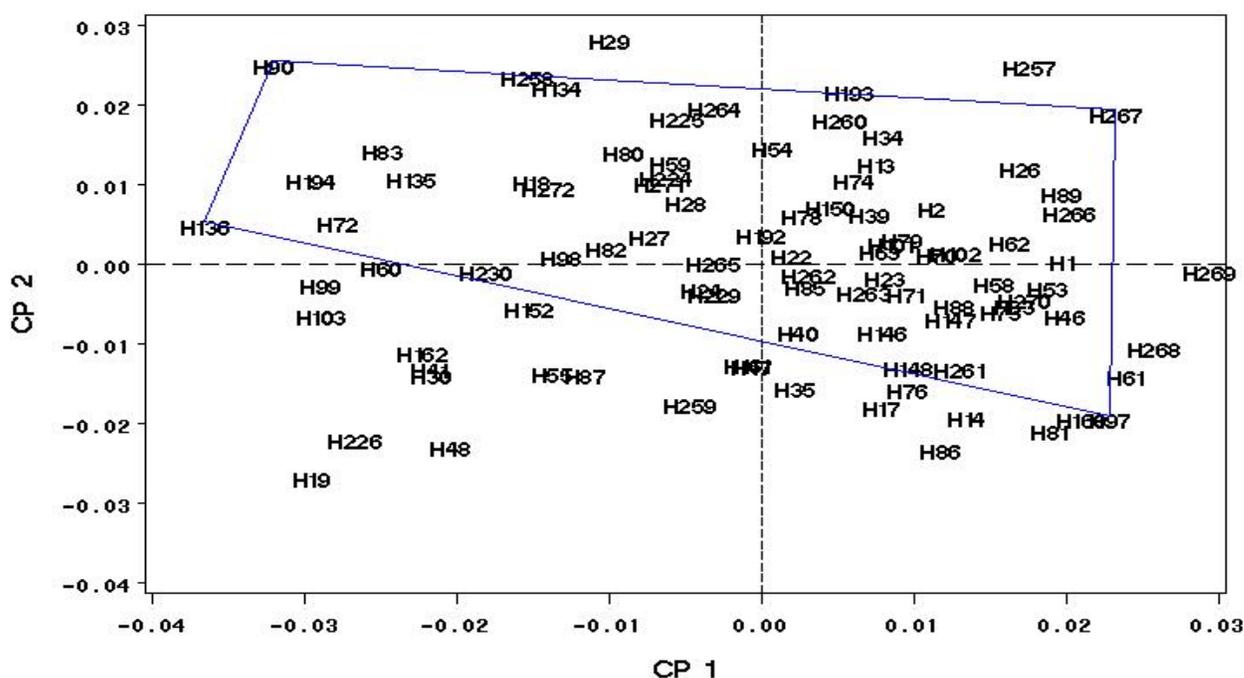


Figura 4.1 Gráfico GGE para explorar la interacción genotipo-ambiente, el potencial de rendimiento de los híbridos evaluados, así como la capacidad de discriminación de los ambientes.

Otro de los objetivos menciona la necesidad de identificar ambientes con alto poder de discriminación y para explorar esta capacidad se empleó el análisis multivariado denominado GGE propuesto por Yan y colaboradores(2001), del que se presenta en la Figura 4.2, donde los tres ambientes de evaluación están ubicados en diferente sector, lo que indica que hay grandes efectos de interacción concidiendo con lo detectado en el Cuadro 4.1.

Pero en particular en lo que respecta a capacidad de discriminación de los ambientes esta capacidad se asocia con la longitud de los vectores de cada ambiente correspondiendo al ambiente 2 el mayor poder de discriminación el cual pertenece a la localidad de (Jaral del progreso).

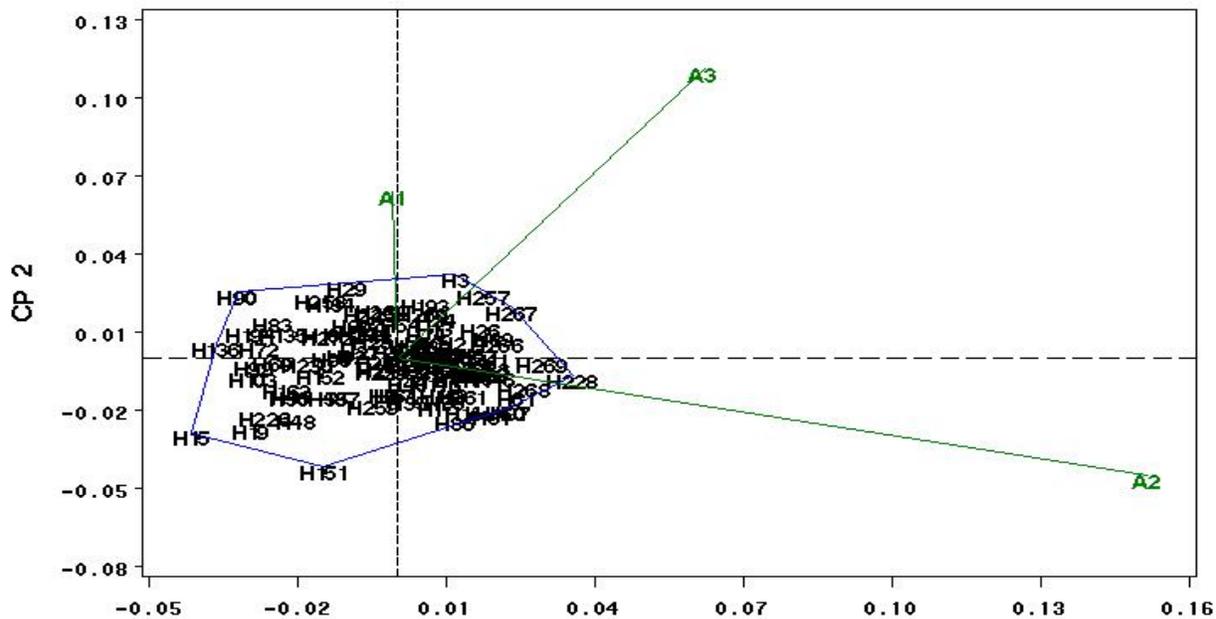


Figura 4.2. Gráfico GGE para seleccionar el ambiente con mayor poder de discriminación.

V. CONCLUSIONES

Para efectos de aptitud combinatoria de los progenitores dentro de cada tipo de cruza se efectuó un análisis de varianza de línea x probador, arrojando que la mejor línea fue la 16 ((M6xPE-212-1) x M6)-16-1, ya que tiene efectos favorables en ACG para seis de las variables de gran importancia; FM, FF, AP, AM, AR Y CAL.

En el caso de los probadores con posibilidades de ser un buen progenitor de híbridos el mejor probador fue el 2 (CS1) quien demuestra que cualquier material que se cruce conél reducirá su floración masculina y femenina, bajara la altura de mazorca, tendrá menos presencia de acames en su cruza, bajara en un porcentaje la presencia de fusarium y tendrá un muy buen porte fenotípico, este probador tiene varios de los atributos que un mejorador busca para sus nuevos híbridos.

Si se pretende tener un probador para la discriminación de líneas, el que demostró ser mejor fue la línea PE-212-1-2-A, ya que permite a las líneas bajo prueba que se expresen tal y como son ya que no enmascara el potencial propio de las mismas.

Para el caso de híbridos de acuerdo a los valores de índice de selección el mejor híbrido (con un IS=4.55), fue el 58 resultado de la cruza de la línea 16 ((M6xPE-212-1) x M6) -16-1 y el probador 2 CS1, esto debido a que cumple con las características deseadas del mejorador, ya que entre más pequeño es el valor del índice más cerca se encuentra el genotipo de los criterios deseados por el mejorador.

En cuanto a ambientes para discriminar a las líneas podemos concluir que el más apto fue la localidad de Jaral del progreso, pero podemos prescindir de las otras dos localidades cuando los recursos lo ameriten.

VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivos I) Seleccionar híbridos de maíz que muestren un buen comportamiento agronómico y buena estabilidad en campo. II) Clasificar los ambientes de evaluación por la capacidad de discriminar genotipos e identificar cuál de estos ambientes es mejor para los genotipos evaluados.. III) Seleccionar híbridos, líneas, probadores en base al potencial genético, índice de selección y análisis multi-variado. Para lograr estos objetivos se evaluaron 30 líneas experimentales, 3 probadores (una línea y dos cruzas), 7 testigos de los cuales 6 son de compañías semilleras y uno de la UAAAN, JABALI, 30P16, 33J56, 30T26, 30A60, P4082W y AN447, en este estudio se midieron 9 variables de interés rendimiento, floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, acame de raíz, acame de tallo, fusarium y calificación. La evaluación se llevoacabo en tres localidades, Jaral del Progreso Gto, Silao Gto y el Prado Nuevo León. El diseño de siembra utilizado para el experimento fue un bloques incompletos al azar con arreglo alfa látice con dos repeticiones por localidad, la parcela experimental fue de un surco de 5 metros de largo y 0.75 metros entre surcos con 38 Plantas y una distancia de 13 cm entre planta y planta para la localidad de El Mezquite Nuevo León, en las localidades de Silao y Jaral la parcela experimental fue de dos surcos de 5 metros de largo y 0.75 metros entre surco y surco con 38 Plantas por surco. Los resultados obtenidos fueron de gran importancia porque se identifico la mejor línea que fue la 16 PE-212-1-2-A, el mejor probador que fue el 2 CS1, el mejor híbrido que fue el 58 resultado de la crusa de la línea 16 y el probador 2, y se comprobó que el mejor ambiente de evaluación para la discriminación de líneas fue Jaral del progreso.

VII. LITERATURA CITADA

Barreto H.,J.,J.A Bolaños y H.S., Córdoba. 1991. Programa regional del CIMMYT. C.A. codificación en Pascal basado en un programa por Fortran escrito por Edmeades, CIMMYT. Software escrito en turbo Pascal V 6.0 de Borland internacional, inc.

Bejarano, A. 2007. Híbridos simples: una alternativa para el cultivo de maíz (Zea mays L.) en Venezuela. Resumen. FONAIAP – CENIAP-IIA. V Jornadas científicas de maíz.

Chávez, A. J. L. y E. López. 1995. Mejoramiento de plantas II. Editorial Trillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Córdoba H., S. Castellanos., H. Barreto y J. Bolaños. (2002). Veinticinco años de mejoramiento en los sistemas de maíz en Centroamérica: logros y estrategias hacia el año 2000. Agronomía mesoamericana. 13(1): 73-84.

De León, C.H., F. Rincón, S., M.H. Reyes, V., D. Samano, G., G. Martínez, Z., R. Cavazos, C. y J.D. Figueroa, C. 2005. Potencial de rendimiento y estabilidad de combinaciones germoplásmicas formadas entre grupos de maíz. Rev. Fitotec. Mex. 28(2): 135-143.

García et al 1999. Evaluación de híbridos simples de maíz (zeamays I.) bajo condiciones edafoclimáticas de los llanos occidentales de Venezuela.

- Gordon M.R., Camargo B.I.; Franco B.J., González Saavedra A. 2006.** Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz. Azuero, Panamá. Agronomía Mesoamericana. ISSN, 1021-7444 p-190.
- Hallauer, A. R. And S.A. Eberhart.1976.** Reciprocal full – sib selection. Crop Sci. 10: 315 – 316.
- Ibanez, M.A, M.M cavanagh, N.C Bonamico. 2006.** Analisis grafico mediante biplot del comportamiento de hibridos de maíz. RIA. 35(3): 83-93 INTA Argentina.
- Lande, R., and R. Thompson.1990.** Efficiency of marker-assisted Selection in the improvement of quantitative traits. Genetics 124: 743-756.
- Lee E, T.K, doerksen and L. W. Kannenberg, 2003.**Genetic components of yield stability in maize breeding populations.CropScience. 43: 2018-2027.
- López y Chávez A. J. L. 1995.** Mejoramiento de plantas I. Editorial Trillas México. p. 158 – 167.
- Pohelman, M. J. 1987.** Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa. S. A. México, D. F.
- Ramírez, L. 2006.** Mejora de plantas alogamás. Universidad Pública de Navarra. Depto., de Producción Agraria. P.1-33.
- Rodríguez P.E., Sahagún C.J., Villaseñor M.H., Molina G.J., Martínez G.A. 2005.** La interacción genotipo-ambiente en la caracterización de áreas temporales de producción de trigo. Agrociencia Vol. 39:51-64.

- Sierra M.M. 2002.** Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L). Universidad de Colima. Tesis de doctorado en ciencias agrícolas y forestales. Tecomán, Colima, México.
- Sierra, M.M., A. Palafox, C., A. Espinoza, C., F. Caballero, H., F. Rodríguez, M., S. Barrón F., R. Valdivia, B. 2005.** Adaptabilidad de híbridos triples de 55 maíz y de sus progenitores para la región tropical del sureste de México. *Agronomía mesoamericana* 16(1): 13-18.
- Sierra, M.M., F.A. Rodríguez, M., R.A. Castillo, G. y F. Márquez, S. 1992.** La aplicación de los parámetros de estabilidad en el mejoramiento de maíz de la región sur de México. In: *Memorias de simposio de Interacción Genotipo ambiente en geotecnia vegetal* Guadalajara, Jal. P. 239-260.
- Smith, H. F. 1936.** A discriminant function for plant selection. *Ann. Eugenics* 7: 240-250.
- Vasal, S.K., N. Vergara., S. Mclean. 1994.** estrategias en el desarrollo de híbridos tropicales de Maíz. *Agronomía Mesoamericana*. 5: 184-189.
- XU, S. 2003.** Advanced statistical methods for estimating genetic Variances in plants. *Plant Breed. Rev.* 22: 113-163.
- Yan W., P.L. Conelius, J. Crossa, and L.A. Hunt. 2001.** Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment trial data. *Crop Science* 41: 656-663.
- Yan W. and I. Rajcan. 2002.** Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*. 42: 11-20.
- Yan W., and L.A. Hunt. 2002.** Biplot analysis of diallel data. *Crop Science* 42: 21-30.

Yang R.C., crossa J, P.L. Cornelius, and J. Burgueño, 2009.Biplot analysis of genotype-environment interaction: proceed with caution Crop Sci. 49: 1564-1676.

VIII. APÉNDICE

Cuadro A₁ Genealogía de Híbridos Experimentales

Hibrido	Genealogia
1	(CS ₁) X ((M13xPE-115-3-1-11) x M13)-3-2
2	(CS ₂) X ((M13xPE-115-3-1-11) x M13)-3-2
3	(PE-212-1-2-A) X ((M13xPE-115-3-1-11) x M13)-3-2
13	(CS ₁) X ((M15xPE-115-3-3-2) x M15)-12-2
14	(CS ₂) X ((M15xPE-115-3-3-2) x M15)-12-2
15	(PE-212-1-2-A) X ((M15xPE-115-3-3-2) x M15)-12-2
17	(CS ₁) X ((M16xE-195) x M16)-15-3
18	(CS ₂) X ((M16xE-195) x M16)-15-3
19	(PE-212-1-2-A) X ((M16xE-195) x M16)-15-3
22	(CS ₁) X ((M16xE-197) x M16)-15-2
23	(CS ₂) X ((M16xE-197) x M16)-15-2
24	(PE-212-1-2-A) X ((M16xE-197) x M16)-15-2
26	(CS ₁) X ((M16xE-197) x M16)-6-1
27	(CS ₁) X ((M16xE-197) x M16)-6-1
28	(CS ₂) X ((M16xE-197) x M16)-6-1
29	(CS ₂) X ((M16xE-197) x M16)-6-1
30	(PE-212-1-2-A) X ((M16xE-197) x M16)-6-1
33	(CS ₁) X ((M16xPE-115-3-1-3) x M16)-1-1
34	(CS ₂) X ((M16xPE-115-3-1-3) x M16)-1-1
35	(PE-212-1-2-A) X ((M16xPE-115-3-1-3) x M16)-1-1
39	(CS ₁) X ((M31xE-197) x E-197-6)-16-1
40	(CS ₂) X ((M31xE-197) x E-197-6)-16-1
41	(PE-212-1-2-A) X ((M31xE-197) x E-197-6)-16-1
46	(CS ₁) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-7-1
47	(CS ₂) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-7-1
48	(PE-212-1-2-A) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-7-1
53	(CS ₁) X ((M41xPN-311-2-A-3-6) x PN-311-2-A-3-6-A)-10-3
54	(CS ₂) X ((M41xPN-311-2-A-3-6) x PN-311-2-A-3-6-A)-10-3
55	(PE-212-1-2-A) X ((M41xPN-311-2-A-3-6) x PN-311-2-A-3-6-A)-10-3
58	(CS ₁) X ((M6xPE-212-1) x M6)-16-1

Continuación, Cuadro A₁ Genealogía de Híbridos Experimentales

Híbrido	Genealogía
59	(CS ₂) X ((M6xPE-212-1) x M6)-16-1
60	(PE-212-1-2-A) X ((M6xPE-212-1) x M6)-16-1
61	(CS ₁) X ((M7xE-197) x M7)-16-2
62	(CS ₂) X ((M7xE-197) x M7)-16-2
63	(PE-212-1-2-A) X ((M7xE-197) x M7)-16-2
70	(CS ₁) X ((M7xV524-4119HC-218-3 x V524-4119HC-218-3-2)-14-1
71	(CS ₂) X ((M7xV524-4119HC-218-3 x V524-4119HC-218-3-2)-14-1
72	(PE-212-1-2-A) X ((M7xV524-4119HC-218-3 x V524-4119HC-218-3-2)-14-1
74	(CS ₁) X ((M7xV524-4119HC-218-3 x V524-4119HC-218-3-2)-18-1
75	(CS ₂) X ((M7xV524-4119HC-218-3 x V524-4119HC-218-3-2)-18-1
76	(PE-212-1-2-A) X ((M7xV524-4119HC-218-3 x V524-4119HC-218-3-2)-18-1
78	(CS ₁) X ((M7xV524-4119HC-218-3 x V524-4119HC-218-3-2)-6-1
79	(CS ₂) X ((M7xV524-4119HC-218-3 x V524-4119HC-218-3-2)-6-1
80	(PE-212-1-2-A) X ((M7xV524-4119HC-218-3 x V524-4119HC-218-3-2)-6-1
81	(CS ₁) X (CML-373 X AN7 R-25-3-1-2-A)-A-A-10-1
82	(CS ₂) X (CML-373 X AN7 R-25-3-1-2-A)-A-A-10-1
83	(PE-212-1-2-A) X (CML-373 X AN7 R-25-3-1-2-A)-A-A-10-1
85	(CS ₁) X (LEOPRECOZxPN-308-1)-11-A-A-2
86	(CS ₂) X (LEOPRECOZxPN-308-1)-11-A-A-2
87	(PE-212-1-2-A) X (LEOPRECOZxPN-308-1)-11-A-A-2
88	(CS ₁) X (M13 x 232-10-11-1-A)-2-2
89	(CS ₂) X (M13 x 232-10-11-1-A)-2-2
90	(PE-212-1-2-A) X (M13 x 232-10-11-1-A)-2-2
97	(CS ₁) X (M47 x 351-296-1-6-A)-20-3
98	(CS ₂) X (M47 x 351-296-1-6-A)-20-3
99	(PE-212-1-2-A) X (M47 x 351-296-1-6-A)-20-3
101	(CS ₁) X (M47 x 351-296-1-6-A)-6-3
102	(CS ₂) X (M47 x 351-296-1-6-A)-6-3
103	(PE-212-1-2-A) X (M47 x 351-296-1-6-A)-6-3
134	(CS ₁) X ((M16xE-197) x M16)-2-1
135	(CS ₂) X ((M16xE-197) x M16)-2-1
136	(PE-212-1-2-A) X ((M16xE-197) x M16)-2-1
146	(CS ₁) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-18-3
147	(CS ₂) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-18-3
148	(PE-212-1-2-A) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-18-3
150	(CS ₁) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-19-2
151	(CS ₂) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-19-2
152	(PE-212-1-2-A) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-19-2

Continuación, Cuadro A₁ Genealogía de Híbridos Experimentales

Híbrido	Genealogía
160	(CS ₁) X ((M41xPN-311-2-A-3-6) x PN-311-2-A-3-6-A)-18-2
161	(CS ₂) X ((M41xPN-311-2-A-3-6) x PN-311-2-A-3-6-A)-18-2
162	(PE-212-1-2-A) X ((M41xPN-311-2-A-3-6) x PN-311-2-A-3-6-A)-18-2
192	(CS ₁) X (M16 x (PE-203-2xPE-105-1)-1-A-7-3-5)-10-4
193	(CS ₂) X (M16 x (PE-203-2xPE-105-1)-1-A-7-3-5)-10-4
194	(PE-212-1-2-A) X (M16 x (PE-203-2xPE-105-1)-1-A-7-3-5)-10-4
224	(CS ₁) X (LEOPRECOZ-8-3-A-A-4)
225	(CS ₂) X (LEOPRECOZ-8-3-A-A-4)
226	(PE-212-1-2-A) X (LEOPRECOZ-8-3-A-A-4)
228	(CS ₁) X ((M1xE-197) x E-197-6)-15-2
229	(CS ₂) X ((M1xE-197) x E-197-6)-15-2
230	(PE-212-1-2-A) X ((M1xE-197) x E-197-6)-15-2
257	(CS ₁) X (M7 x 351-296-1-6-A)-20-1
258	(CS ₂) X (M7 x 351-296-1-6-A)-20-1
259	(PE-212-1-2-A) X (M7 x 351-296-1-6-A)-20-1
260	(CS ₁) X (M7 x 43-46-2-3-2)-10-1
261	(CS ₂) X (M7 x 43-46-2-3-2)-10-1
262	(PE-212-1-2-A) X (M7 x 43-46-2-3-2)-10-1
263	(CS ₁) X (M7 x 43-46-2-3-2)-8-1
264	(CS ₂) X (M7 x 43-46-2-3-2)-8-1
265	(PE-212-1-2-A) X (M7 x 43-46-2-3-2)-8-1
134	(CS ₁) X ((M16xE-197) x M16)-2-1
135	(CS ₂) X ((M16xE-197) x M16)-2-1
136	(PE-212-1-2-A) X ((M16xE-197) x M16)-2-1
146	(CS ₁) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-18-3
147	(CS ₂) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-18-3
148	(PE-212-1-2-A) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-18-3
150	(CS ₁) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-19-2
151	(CS ₂) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-19-2
152	(PE-212-1-2-A) X ((M35xPE-112-7-A-A-4-2) x M35)-19-2
160	(CS ₁) X ((M41xPN-311-2-A-3-6) x PN-311-2-A-3-6-A)-18-2
161	(CS ₂) X ((M41xPN-311-2-A-3-6) x PN-311-2-A-3-6-A)-18-2
162	(PE-212-1-2-A) X ((M41xPN-311-2-A-3-6) x PN-311-2-A-3-6-A)-18-2
192	(CS ₁) X (M16 x (PE-203-2xPE-105-1)-1-A-7-3-5)-10-4
193	(CS ₂) X (M16 x (PE-203-2xPE-105-1)-1-A-7-3-5)-10-4
194	(PE-212-1-2-A) X (M16 x (PE-203-2xPE-105-1)-1-A-7-3-5)-10-4
224	(CS ₁) X (LEOPRECOZ-8-3-A-A-4)
225	(CS ₂) X (LEOPRECOZ-8-3-A-A-4)

Continuación, Cuadro A₁ Genealogía de Híbridos Experimentales

Hibrido	Genealogia
226	(PE-212-1-2-A) X (LEOPRECOZ-8-3-A-A-4)
228	(CS ₁) X ((M1xE-197) x E-197-6)-15-2
229	(CS ₂) X ((M1xE-197) x E-197-6)-15-2
230	(PE-212-1-2-A) X ((M1xE-197) x E-197-6)-15-2
257	(CS ₁) X (M7 x 351-296-1-6-A)-20-1
258	(CS ₂) X (M7 x 351-296-1-6-A)-20-1
259	(PE-212-1-2-A) X (M7 x 351-296-1-6-A)-20-1
260	(CS ₁) X (M7 x 43-46-2-3-2)-10-1
261	(CS ₂) X (M7 x 43-46-2-3-2)-10-1
262	(PE-212-1-2-A) X (M7 x 43-46-2-3-2)-10-1
263	(CS ₁) X (M7 x 43-46-2-3-2)-8-1
264	(CS ₂) X (M7 x 43-46-2-3-2)-8-1
265	(PE-212-1-2-A) X (M7 x 43-46-2-3-2)-8-1

