

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efectos Genéticos e Índices de Selección como Criterios para Elegir  
Progenitores e Híbridos Sobresalientes en Maíz

Por:

**GUADALUPE YUNUEN BOLAÑOS PACHECO**

Tesis

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efectos Genéticos e Índices de Selección como Criterios para Elegir  
Progenitores e Híbridos Sobresalientes en Maíz

Por:

**GUADALUPE YUNUEN BOLAÑOS PACHECO**

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

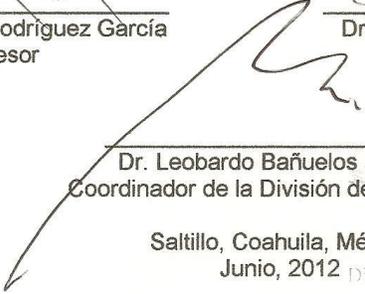
**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada

  
Dr. Humberto de León Castillo  
Asesor Principal

  
Dr. Armando Rodríguez García  
Coasesor

  
Dr. Alfredo De La Rosa Loera  
Coasesor

  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México  
Junio, 2012



## **AGRADECIMIENTOS**

---

*A mi “alma mater” Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Con todo el respeto que se merece por haberme formado en sus aulas y permitido culminar mis estudios y por todo el apoyo y servicios brindados durante mi estancia en esta querida universidad.*

*Al **Dr. Humberto de León Castillo**. Maestro Investigador del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN. Por su colaboración y aportación en la realización de este trabajo de investigación pero, sobre todo por su apreciable amistad y por su confianza de haberme permitido realizar esta investigación bajo su asesoramiento. Dios lo bendiga.*

*Al **Dr. Alfredo De La Rosa Loera** por su colaboración y disposición en formar parte del comité de asesoría, por sus consejos y amistad brindada durante mi estancia en la universidad y apoyo para realizar la revisión y corrección de la presente tesis.*

*Al **Dr. Armando Rodríguez García** por la disponibilidad, colaboración y aportación de esta tesis, como jurado calificador y por los conocimientos compartidos en el transcurso la revisión de la misma.*

*Al **Ing. Raúl Gándara Huitrón** por apoyar a tomar datos de esta investigación en el vivero, además de su amistad y confianza y por emplear tiempo en la revisión de este trabajo.*

*Al **M. C. Daniel Sámano Garduño** por su valiosa amistad, consejos, confianza, por sus aportaciones como excelente maestro y el gran apoyo que me brindo en mi estancia en la universidad.*

*A la **Ing. Reyna Rojas García** por su apoyo y paciencia en los análisis estadísticos, pero sobre todo por su gran amistad.*

A la Lic. En Informática **Sandra López Betancourt**, por su amistad y el apoyo que me brindo durante toda la carrera además de su disponibilidad para estructurar el presente trabajo.

A mis amigos **Jorge Humberto Ávila, Víctor Alcocer, José Gpe. Campos, Abraham Musito, Irving Efrén Trujillo, Alfredo Estrada, Pedro Sánchez, Marco Antonio Hernández, Luis Enrique, Leo Dan Hernández, Antolín López, Caámal Dzul, Magni Donald, Roni Madain, Osiel Loera, José Luis Velásquez, Alejandro Melchor, Dorian Díaz, José Trinidad Carpio, Juan Guerra, Guillermo Hernández**, con quienes compartí momentos inolvidables durante mi estancia en la universidad, de verdad muchas gracias les deseo lo mejor y que tengan éxito en la vida.

A mis compañeras **Iris Atenea Silva, Dora Carolina Grajales, Mónica Sosa, Nayeli Rodríguez, yesi Cosme, Ana Karen Lugo, Minerva Santiago**, gracias por su valiosa y apreciada amistad.

A mis compañeros de la especialidad de **INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN** generación "CXII" con quien compartí momentos, experiencias y sobre todo por su valiosa amistad, a todos ustedes gracias y éxito en la vida.

A mis **amigos de mi pueblo** y de **Saltillo Coah.** Que siempre me apoyaron en las buenas y en las malas, dándome consejos, motivándome a salir a delante con mi carrera profesional y terminar con mis estudios, logrando cumplir un sueño. Muchas gracias

## **DEDICATORIAS**

---

*El más grande agradecimiento y*

*dedicado especialmente:*

***A DIOS:** Por darme esa oportunidad de estar en esta vida tan maravillosa, quien siempre ha estado conmigo en los momentos agradables, de tristeza, de soledad, de angustia y por darme ese aliento de luchar para así seguir adelante y lograr mis metas y ser lo que ahora soy.*

*A los seres más grandes y el tesoro más*

*valioso que la vida me dio mis padres:*

**JOSÉ GPE. BOLAÑOS J. Y MARIA MARTHA PACHECO P.**

*Por ser lo más importante que tengo en la vida, pero en forma especial por darme la vida y por todo el amor, cariño, sacrificios, esfuerzo, confianza y apoyo que me han brindado siempre, por sus consejos, valores, principios y el ánimo de seguir adelante, a quienes siempre deberé lo que he logrado. Gracias por la mejor de las herencias...la sabiduría.*

***A MIS HERMANOS: EDGAR ROMARIO Y CHRISTIAN FABIAN.** Por haberme brindado su confianza, amor, cariño y comprensión, y por todo su apoyo que me han dado en los momentos difíciles y prósperos que hemos compartido juntos a quienes siempre recordaré y que han sido la parte importante en la inspiración de seguir adelante y triunfar, a quienes les deseo lo mejor de la vida y que sigamos siempre adelante. Los quiero mucho y que esto sirva como ejemplo para ustedes.*

**A MIS ABUELOS (AS): JOSÉ GPE. BOLAÑOS, MARIA LUISA JUAREZ, ENRIQUE PACHECO Y BEATRIZ PALOALTO.** *Con gran respeto y agradecimiento por su cariño y sabios consejos que me guiaron por el buen camino, para ser alguien en la vida, además de su apoyo económico y moralmente mil gracias por la confianza que tuvieron en mi.*

*Pero en especialmente para, **MARIA LUISA JUAREZ**, Por cuidar de mi niñez y ser mi segunda madre, que gracias a tus cuidados y valores he salido adelante. Siempre te llevare en mi corazón y tu imagen me impulsa a salir adelante ante cualquier adversidad y aunque ya no te encuentras presente en la familia, sé que desde el cielo nos cuidarás y guiarás por el buen camino, porque eres nuestro ángel de la guarda.*

*Con gran respeto y admiración a:*

*A mi tío **CARLOS BOLAÑOS J.** por el apoyo, confianza, además de sus consejos y valiosos conocimientos brindados para mi formación profesional, además de brindarme la oportunidad de hacer mi semestre de campo con él, en la empresa ASPROS, muchas gracias y que Dios lo bendiga siempre.*

*A todos y cada uno de mis primos con los que he convivido siempre.*

*En general a todos los que conforman mi familia. Por ser parte de mi formación personal; ya que de una ú otra manera, siempre me alientan a salir adelante.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

---

---

	Pág.
<b>ÍNDICES DE CUADROS</b> .....	Vi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
Línea por Probador.....	4
Aptitud Combinatoria General y Específica.....	5
Cruzas Simples.....	7
Índices de Selección.....	8
Material Exótico.....	10
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	11
Material Genético.....	11
Formación de Cruzas.....	11
Localidades de Evaluación.....	11
Parcela Experimental.....	12
Diseño de Siembra.....	12
Labores Culturales.....	12
Variables Evaluadas.....	13
Análisis Estadístico.....	15
Análisis de Varianza Línea por Probador.....	16
Calculo de Índices de Selección.....	18
Criterios de Selección.....	20
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	21
Análisis de Varianza Combinado.....	21
Análisis de Varianza Línea por Probador.....	25
Análisis de Varianza para Híbridos en Base a Índices de Selección.....	28
Análisis de Varianza para Líneas en Base a Índices de Selección.....	30
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	35
<b>VI. RESUMEN</b> .....	36
<b>VII. LITERATURA CITADA</b> .....	38
<b>VIII. APENDICE</b> .....	42

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 3. 1. Características Ambientales de los Ambientes de Prueba.....</b>	<b>11</b>
<b>Cuadro 4. 1. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado en 3 localidades para 10 variables de los híbridos evaluados.....</b>	<b>22</b>
<b>Cuadro 4. 2. Agrupamiento estadístico de 3 localidades con base a la diferencia de medias de tukey. Para las variables evaluadas.....</b>	<b>24</b>
<b>Cuadro 4. 3. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado genético en 3 localidades para 14 variables de los híbridos evaluados.....</b>	<b>26</b>
<b>Cuadro 4. 4. Cuadrados medios del análisis de varianza con base a los valores de índices de selección (integrado por rendimiento, floración macho y altura de planta) por híbrido a través de tres localidades.....</b>	<b>29</b>
<b>Cuadro 4. 5. Agrupamiento estadístico de 3 localidades en base a la prueba de tukey para las variables de respuesta.....</b>	<b>30</b>
<b>Cuadro 4. 6. Media general de 168 híbridos, en base a una prueba de tukey.....</b>	<b>31</b>
<b>Cuadro 4. 7. Cuadrados medios del análisis de varianza del índice de selección en base a los valores de (ACG) de floración macho, altura de planta y rendimiento a través de tres localidades.....</b>	<b>32</b>
<b>Cuadro 4. 8. Media general de las 9 mejores líneas en base a aptitud combinatoria general (ACG).....</b>	<b>33</b>
<b>Cuadro 4. 9. Valores de ACG de 2 Probadores para las diferentes variables evaluadas.....</b>	<b>34</b>
<b>Cuadro A. 1. Genealogía de las líneas y probadores.....</b>	<b>43</b>

## I. INTRODUCCIÓN

Para aumentar el rendimiento es necesario hacer uso del mejoramiento genético que tiene por finalidad la obtención de nuevos híbridos con características de mayor rendimiento, mayor calidad comercial y nutritiva, mayor resistencia a factores abióticos y bióticos adversos al cultivo (SAGARPA, 2002).

Para la formación de nuevos y mejores híbridos, es indispensable conocer la relación genética entre las líneas, sobre todo, si éstas provienen de progenitores no relacionados genéticamente, siendo de gran utilidad para una planeación de cruzamientos exitosos (Betrán *et al.* 2003.)

A pesar de la amplia variabilidad genética de maíz (*Zea mays* L) existente en México, los programas de mejoramiento genético han utilizado variedades de polinización libre de las razas locales y han hecho un poco o nulo uso de materiales exóticos.

Mencionan (Pérez *et al.* 2000.) que la introducción de material genético de áreas ecológicas diferentes a la del lugar del programa de mejoramiento genético (Germoplasma “exótico”) ha sido practicada por varios investigadores, además señalan que una de las principales aportaciones de la introducción de germoplasma exótico es el incremento de la diversidad genética para ampliar la fuente de genes de resistencia a enfermedades y plagas, así como para incrementar el rendimiento y la heterosis.

Es el conocimiento de los mejoradores, que un probador de amplia base genética es el indicador para realizar pruebas de aptitud combinatoria general. Sin embargo, una modificación con mayores alcances que esa metodología, consiste en usar varios probadores permitiendo simultáneamente clasificar las

líneas por sus efectos de ACG y ACE y al mismo tiempo en la identificación de híbridos de excelente desempeño, a este procedimiento se le denomina análisis línea x probador (Singh y Chaudhary 1977)

Los índices de selección (IS) son herramientas útiles al fitomejorador ya que permiten la selección simultanea de varios caracteres, tanto fenotípico de los híbridos, como características genéticas de los progenitores (Peña 2008).

Es común, que la variable rendimiento sea para mucho de los fitomejoradores la única o la variable de mayor peso, descuidando otros caracteres agronómicos, perdiendo en el transcurso de los ciclos de selección, variables de interés que pudieran tener un valor o peso importante originando híbridos quizá con un buen rendimiento pero con características agronómicas desfavorables.

Para la identificación de los mejores híbridos es necesario que la evaluación se realice en varias localidades, ya que la respuesta del híbrido es el resultado combinado de efectos genotípico, el medio ambiente y la interacción genotipo – ambiente (Yan *et al.* 2000).

Al someter a los genotipos a varios ambientes, se pueden tener mejores resultados y éxito en el programa de hibridación ya que se conocería la estabilidad de cada uno de ellos. (Peña 2008).

El presente trabajo de investigación consistió en la formación de cruzas de prueba entre 98 líneas sobresalientes del IMM con adaptación a la región de El Bajío y dos probadores los materiales experimentales se evaluaron en tres ambientes representativos del área donde se desea impactar; asociando la información genética de materiales formados con otra filosofía de mejoramiento y diferente fondo genético, con la expectativa de encontrar híbridos experimentales competitivos.

Planteando los siguientes objetivos:

### **OBJETIVOS**

- Seleccionar las líneas que presenten los mejores atributos genéticos para ser considerados como progenitores sobresalientes de nuevos híbridos.
- Identificar el mejor probador con respecto a su habilidad de discriminación de líneas.
- Seleccionar híbridos sobresalientes mediante la técnica de índices de selección.

### **HIPOTESIS**

- Se espera que al menos una línea sea superior al resto y que presente atributo genético.
- Al menos un probador tiene buena habilidad para la discriminación de líneas.
- Se asume que al menos un híbrido experimental presente atributos agronómicos superiores abalados por un buen índice de selección.

## II. REVISION DE LITERATURA

### Línea por Probador

Si el uso de las líneas selectas a través de un mestizo con un probador es para mejoramiento poblacional (selección recurrente), el probador indicado será la población original, pero sí el uso es para la obtención de híbridos a través del proceso tradicional, entonces parecería adecuado el uso de un probador no emparentado (Márquez 1985).

Vasal *et al.* (1997) afirman que los probadores son esenciales para el éxito de un programa de mejoramiento de híbridos y que todo tipo de materiales, incluyendo poblaciones, sintéticos, híbridos, y líneas homocigotas, son usados como probadores, y que en los últimos años el uso de líneas homocigotas como probadores se ha incrementado significativamente.

Vencovsky *et al.* (1992) señalan que la interacción de línea por probador es indicadora de la existencia de efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) y que ponen en evidencia la presencia de dominancia y/o efectos epistáticos que involucran dominancia en el control de carácter en cuestión. Por lo tanto, el comportamiento de los cruzamientos con probadores divergentes puede servir de criterio de clasificación del material en distintos grupos heteróticos.

Vasal *et al.* (1994) mencionan que los probadores son utilizados generalmente para cuantificar la aptitud combinatoria general (ACG), también indica que los probadores tienen un amplio uso dentro de un programa de mejoramiento.

Bänziger *et al.* (2000) mencionan que para seleccionar los probadores, es necesario tomar en cuenta varios aspectos teóricos y prácticos, como son: a) La amplitud de la base genética del probador, b) Si éste debe de ser de alto o bajo rendimiento, c) Si debe poseer una alta o baja frecuencia de malas características deseadas, d) Si debe tener buena o mala aptitud combinatoria general, e) Cuántos probadores se utilizarán, f) Cuántos grupos heteróticos se están manejando.

Vasal *et al.* (1997) afirman que los probadores son esenciales para el éxito de un programa de mejoramiento de híbridos y que todo tipo de materiales, incluyendo poblaciones, sintéticos, híbridos, y líneas homocigotas, son usados como probadores, y que en los últimos años el uso de líneas homocigotas como probadores se ha incrementado significativamente.

Lobato *et al.* (2009) señalan que las líneas que presentan baja ACG interaccionan positivamente con probadores de alto rendimiento, permitiendo de manera eficiente identificar líneas de alta ACG susceptibles de usar en la formación de híbridos y variedades sintéticas con alto potencial.

### **Aptitud Combinatoria General y Específica**

Sprague y tatum (1942) definen la aptitud combinatoria general (ACG) como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas y la aptitud combinatoria específica (ACE) como la desviación de una craza respecto al comportamiento promedio de los padres.

Ramírez *et al.* (1998) La obtención de líneas endogámicas con buena capacidad de combinación y alta calidad agronómica que maximice la redituabilidad en la producción de semillas, es la meta de los mejoradores de maíz en la formación de variedades mejoradas para uso comercial.

Sin embargo, la integración de estos dos componentes en la autofecundación; metodología que permite eliminar al menos 50 % de las líneas de baja ACG, reduciendo los costos de evaluación de las líneas en las generaciones subsiguientes.

Los mismos autores encontraron que la ACG de las líneas quedaba definida en las primeras etapas de autofecundación.

La prueba de ACG de las líneas se lleva a cabo a través de sus cruzas probadoras llamadas comúnmente mestizos. Un mestizo es la progenie de la cruce entre las líneas y una población probadora (probadores). Un mestizo no es más que un medio para la prueba de ACG de la línea, una vez que ha cumplido su misión no tiene mayor valor genético. La prueba de ACG permite hacer una preselección de las líneas con el objeto de concentrar los recursos en la evaluación de la ACE. (Márquez 1985).

Elizondo (2000) indica que la determinación de la ACG y ACE, permiten conocer la forma en que actúan los genes de un carácter dado y la importancia relativa de cada una. Es posible obtener un rápido avance en la mejora genética si se usan los genotipos de alta aptitud combinatoria.

Epitia *et al.* (2006) mencionan que la aptitud combinatoria específica posibilita conocer aquellas combinaciones híbridas sobresalientes, originadas de cruzamientos entre variedades, línea o líneas por variedad.

Mientras que Sámano *et al.* (2005) mencionan que el agrupar las líneas en grupos heteróticos por medio de la aptitud combinatoria específica (ACE) resulta muy eficiente, ya que permiten identificar los mejores probadores y el patrón heterótico más prometedor.

Sin embargo, en una población la aptitud combinatoria debe determinarse en varios individuos con el objeto de seleccionar los que exhiban la más alta aptitud combinatoria. La ( ACG ) explica la proporción de la varianza

genotípica debida a los efectos aditivos de los genes, mientras que la ( ACE ) explica la proporción de la varianza genotípica que puede deberse a las desviaciones de dominancia ( Gutiérrez *et al.*, 2007)

Epitia *et al.* (2006) mencionan que el análisis de la aptitud combinatoria general, permite identificar adecuadamente los progenitores con capacidad para transmitir sus caracteres deseables a la descendencia.

Morata *et al.* (2006) señala que la ACG está relacionada a factores genéticos con efecto aditivo y la ACE a factores genéticos con efecto no aditivo (dominancia y epistasis).

La prueba de aptitud combinatoria es la que determina el valor de las líneas para utilizarlas como progenitores de híbridos comerciales; para determinar este valor es necesario el uso de probadores y dentro de estos, las cruzas simples ofrecen la posibilidad de que las combinaciones híbridas más sobresalientes puedan utilizarse como híbridos triples a nivel comercial ya que este tipo de cruzas son las más comunes en el mercado (Rivas *et al.* 2000)

De la Cruz *et al.* (2007). Con el objetivo de estimar los efectos de ACG de ocho líneas de maíz y la ACE de sus cruzas, realizaron 28 cruzas directas entre las líneas. La ACG y ACE fueron estimados mediante el análisis estadístico del diseño dialélico IV. En general, los resultados indicaron que existió amplia variación genética entre las líneas evaluadas, que puede usarse en forma inmediata para iniciar programas de mejoramiento genético efectivos.

### **Cruzas Simples**

Según Escorcía (2010) menciona que el propósito del mejoramiento genético de maíz (*Zea mays L.*) por hibridación es generar cruzas que superen en rendimiento de grano a las variedades locales criollas y mejoradas. En la

producción comercial de maíz se usan tres tipos de híbridos: cruza simple, cruza trilineal y cruza doble.

La hibridación, como método genotecnico en las plantas, la entenderemos como el aprovechamiento de la generación F1 proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones P1 y P2 (poblaciones paternas). Las poblaciones pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización libre, variedades sintéticas o poblaciones F1 Márquez (1985).

Ramírez (2006) menciona que un híbrido simple es el que se obtiene cruzando dos líneas puras. Y que la utilización de híbridos simples en maíz se debe a Schull (1990).

Morfin (1990) señala que los híbridos simples y dobles tienen una gran respuesta para obtener buenos rendimientos y que además tiene un amplio rango de adaptación y en su trabajo utilizo materiales simples tropicales bajo condiciones de temporal y concluye que los materiales utilizados fueron superiores en rendimiento al testigo.

Bejarano (2007) menciona que la máxima expresión de la heterosis (vigor híbrido) se manifiesta en el híbrido simple, también se obtiene mayor uniformidad de híbrido resultante.

Menciona Srinivasan (1993) que la meta principal de cualquier programa de híbridos, es producir híbridos de cruza simple involucrando líneas homocigotas como progenitores, con el objeto de explotar al máximo la heterosis y obtener híbridos más uniformes y atractivos.

### **Índices de Selección**

Smith (1936), fue quien sugirió el empleo del concepto de una función discriminante como una forma lógica y sistemática en la selección de líneas

para mejorar simultáneamente varias características cuantitativas, y el objetivo principal del índice de selección maximizar el promedio del valor genético de una población.

Cerón y Sahagún (2005) argumentan que en la actualidad existen varios métodos para el mejoramiento genético simultáneo de varios caracteres, y los tres de mayor importancia son: selección en tándem, selección simultánea de caracteres independientes e índice de selección (IS).

Para Yáñez (2005) el índice de selección toma en consideración además de aspectos genéticos, la importancia económica de las características involucradas, está conformado esencialmente por dos ecuaciones: la primera representa las características que se desean mejorar, es decir el objeto de la selección, la segunda constituye las características sobre las que se hace la selección denominadas criterios de selección.

Según Modarresi *et al.* (2004) el uso de índices de selección en maíz ha sido un criterio de selección efectiva para aumentar el rendimiento de grano. No obstante con los índices de selección también se obtienen ganancias en calidad y producción (Vilarinho *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2004).

Celis *et al.* (1986) establecen que en el rendimiento aunque no siempre se obtiene el éxito deseado, se han tenido avances significativos en esta variable, sin embargo se desatienden otras de importancia agronómica. La selección puede ser más efectiva si se consideran simultáneamente otras particularidades.

Castañón *et al.* (2000) argumentan que fue Smith (1936) quien estableció las bases para la selección de plantas mediante el uso de índices de selección. A este tipo de selección la llamaron función discriminante, que consisten en representar el valor de una planta como una función lineal de sus caracteres.

## Material Exótico

Morales *et al.* (2007) indican que en los programas de mejoramiento genético de maíz (*Zea Mays L.*) de la región centro-occidente de México se han utilizado materiales genéticos adaptados, principalmente híbridos comerciales, poblaciones mejoradas y materiales exóticos provenientes de otras áreas.

Pérez *et al.* (2000) mencionan que en México se ha restringido el uso de esta técnica de mejoramiento (germoplasma exótico) a un número de variedades localmente adaptadas a cada región (Molina 1990). La introducción de material genético de áreas ecológicas diferentes a la del lugar del programa de mejoramiento genético (germoplasma exótico) ha sido practicada por varios investigadores entre ellos (Brown 1975; Hallauer 1978; Goodman 1985), de igual manera estos autores señalan que una de las principales aportaciones de la introducción de germoplasma exótico es el incremento de la diversidad genética para ampliar la fuente de genes de resistencia a enfermedades y plagas, así como para incrementar el rendimiento y la heterosis.

Según Navas (1992) los genotipos exóticos presentan problemas de adaptación, consistentes en alta susceptibilidad a enfermedades, alteración del ciclo vegetativo y disminución considerable del rendimiento, y no se utilizan *per se*. Es común que primero se cruce con el local, y luego se sometan a selección, con la consiguiente pérdida de genes exóticos o la reducción de sus frecuencias por la predominancia de los genes locales.

Morales *et al.* (2007) mencionan que la aplicación de estas técnicas a materiales genéticos de maíz agrónomicamente importantes, como variedades mejoradas y sus combinaciones, y los híbridos comerciales, podrían ser excelentes auxiliares en la identificación de sus interrelaciones genéticas; estas servirían para orientar programas de mejoramiento en el desarrollo de nuevos híbridos.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### Material genético

El material genético utilizado fue integrado por 168 cruzas triples, resultantes del apareamiento de 98 líneas homocigotas con 2 probadores siendo cruzas simples éstos últimos.

#### Formación de cruzas

Los cruzamientos entre las líneas y probadores se realizaron en el Colomo, ubicado en municipio de Bahía de Banderas Nayarit en el ciclo primavera-verano del 2010. Realizando 168 cruzas de prueba, utilizando como hembras a los probadores y como macho a las líneas.

#### Localidades de evaluación

El material experimental (híbridos triples) fueron evaluados en tres ambientes diferentes: El Prado, N. L. Jaral y Silao Guanajuato, durante el ciclo primavera-verano 2011. Las características de estas localidades se muestran en el cuadro 3. 1.

**Cuadro 3. 1. Características Ambientales de los Ambientes de Prueba**

Localidad	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altura (msnm)	Temp. Media Anual °C	Precipitación Pluvial (mm)	Fecha de Siembra
Colomo, Nayarit	20° 86´	105° 15´	50	25	800	15/12/2010
El Prado, N.L.	25° 06´	100° 71´	1890	18	300	31/03/2011
Silao, Gto.	20° 56´	100° 25´	1780	18	670	30/05/2011
Jaral, Gto.	20° 15´	100° 59´	1730	18.5	647.9	30/05/2011

### **Parcela experimental**

Para la localidad de El Prado, N. L. la parcela experimental consistió en un surco con 35 plantas de 5 metros de longitud y 0.90 metros de ancho.

Para las localidades de Jaral y Silao, Gto. la parcela experimental consistió en dos surcos con 35 plantas de 5 metros de longitud y 0.75 metros de ancho.

### **Diseño de siembra**

El diseño de siembra utilizado fue un bloques incompletos con un arreglo alfa-látice, realizando dos repeticiones por localidad.

### **Labores culturales**

Preparación del terreno: Todos las localidades se prepararon iniciando con un subsuelo y posteriormente se aplicaron dos pasos de rastra.

Siembra: La siembra de los experimentos se llevo a cabo de forma manual en la localidad del Prado N.L. y con sembradora de precisión en las otras dos localidades de Jaral y Silao Gto.

Fertilización: Para Jaral y Silao, Gto. La dosis de fertilización fue de 180-90-90 ha<sup>-1</sup> y de 120-60-60 para El Prado, NL. Todo el fósforo y la mitad de nitrógeno se aplico al momento de la siembra, el resto del nitrógeno se aplico al primer cultivo.

Riegos: En las tres localidades se realizo un riego después de la siembra para asegurar la germinación y emergencia de los tratamientos, después los riegos fueron variando dependiendo de las condiciones climáticas de cada localidad y las necesidades del cultivo.

Control de malezas: El control se hizo mediante las aplicaciones de Gesaprim Calibre 90 cuyo ingrediente activo es la atrazina, se aplicó al momento de la emergencia de la maleza para evitar una infestación.

Control de plagas: Se aplicó en siembra Lorsban 3G (ingrediente activo clorpirifos) para las plagas de suelo; Arrivo 200 CE (ingrediente activo cipermetrina) para gusanos trozadores en las primeras etapas; Ambush 50 (ingrediente activo permetrina) para plagas foliares, todas las aplicaciones se hicieron de manera preventiva.

Cosecha: Se cosechó en forma mecánica con la cosechadora combinada con báscula integrada y determinador de humedad en las localidades de Silao y Jaral Gto. Y para la localidad del El Prado N.L. se realizó manualmente por parcela útil, para posteriormente determinar el peso de campo y contenido de humedad.

### **Variables evaluadas**

Floración masculina (FM). Número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta cuando el 50 % de las plantas por parcela experimental presentaron las anteras dehiscentes.

Floración femenina (FF). Número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta cuando el 50 % de las plantas por parcela experimental presentaron jilotes con estigmas receptivos.

Altura de planta (ALP). Distancia en centímetros comprendida desde el nivel del surco hasta la inserción de la hoja bandera. Se midió una planta representativa por parcela experimental.

Altura de mazorca (ALM). Distancia en centímetros comprendida desde el nivel del surco hasta el nudo donde se inserta la mazorca principal. Se midió una planta representativa por parcela experimental.

Acame de raíz (AR). Número de plantas que presentan un ángulo de inclinación de 30° con respecto a la vertical, expresado en por ciento.

Acame de tallo (AT). Número de plantas acamadas por parcela, considerando todas aquellas que presentan quebraduras en cualquier punto del tallo debajo de la mazorca, expresado en por ciento.

Mala cobertura (MC). Aquellas mazorcas que no se encuentran cubiertas totalmente por el totomoxtle (brácteas) en relación con el total de las mazorcas cosechadas en cada parcela experimental, expresado en por ciento.

Calificación de planta (CP). Se refiere a un valor asignado a la planta en base a su apariencia visual por parcela útil, en la que se considera el porte, sanidad y uniformidad de la planta. La escala asignada fue de 1 a 5; (1 muy buena y 5 muy mala).

Calificación de mazorcas (CM). Se refiere al valor asignado a la mazorca en base a su apariencia visual en conjunto con daños causados por insectos o enfermedades, tamaño, uniformidad de la misma, etc. La escala asignada fue de 1 a 5; (1 muy bueno y 5 muy mala).

Plantas cosechadas (PC). Es el número total de mazorcas cosechadas por parcela, contadas al momento de la cosecha.

Plantas con *fusarium spp.* (PF). Se refiere al número de plantas dañadas parcial o totalmente por el hongo en relación con el total de plantas establecidas en cada parcela expresada en por ciento.

Prolificidad (PROL). Es la cantidad de mazorcas que proporcionan 100 plantas, en base a las plantas y mazorcas cosechadas dentro de cada parcela, reportando como mazorcas por 100 plantas. Se estima mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PROLIFICIDAD} = \left[ \frac{\text{NUM.DE MAZORCAS}}{\text{NUM.DE PLANTAS}} \right] \times 100$$

Rendimiento (REND). Para estimar el rendimiento de mazorca en toneladas por hectárea al 15.5 % de humedad de todos los tratamientos, se multiplicó el peso seco (PS) por el factor de conversión (FC), cuyas formulas son las siguientes:

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

Peso hectolitrito (KLI). Es el peso en volumen de CIEN (100) litros de maíz tal cual, expresado en kg/hl.

### **Análisis Estadístico**

El análisis de varianza para las 14 variables de interés, se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar, con la finalidad de detectar diferencias estadísticas en las fuentes de variación y el de los híbridos por localidad.

Cuyo modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + R_{j(i)} + T_k + T_{k(i)} + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Valor del i-ésimo ambiente de la j-ésima repetición del k-ésimo híbrido.

$\mu$  = Media general.

$L_i$  = Efecto del i-ésimo ambiente.

$R_{j(i)}$  = Efecto de la j-ésima repetición dentro del i-ésimo ambiente.

$T_k$  = Efecto del k-ésimo híbrido.

$T_{k(i)}$  = Efecto del k-ésimo híbrido por el i-ésimo ambiente.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto del error.

Este mismo diseño se utilizó para probar las hipótesis mediante índices de selección.

Se realizó una prueba de rango múltiple en base a la prueba de Tukey, cuya fórmula fue la siguiente:

$$qs = \frac{Y_A - Y_B}{SE}$$

$Y_A$  = es la mayor de dos medias comparadas entre ellas;  $Y_B$  = es la menor de dos medias comparadas entre ellas;  $SE$  = error estándar.

### **Análisis de varianza línea por probador**

El cálculo de los efectos de aptitud combinatoria para identificar progenitores con capacidad de transmitir características a su descendencia fueron estimados mediante el diseño línea por probador descrito por Singh y Chaudhary (1977) particionando los tratamientos en tres componentes: línea,

probador y línea por probador. Para este caso se estimó la ACG de la variable de rendimiento.

Con el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + RA_{j(i)} + L_k + P_l + LP_{kl} + AL_{ik} + AP_{il} + ALP_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:  $Y_{ijkl}$  = variable de respuesta;  $\mu$  = el efecto de la media general;  $A_i$  = efecto de la i-ésimo ambiente;  $RA_{j(i)}$  = efecto de j-ésimo bloque dentro del i-ésimo ambiente;  $L_k$  = efecto de la k-ésima línea;  $P_l$  = efecto de l-ésimo probador;  $LP_{kl}$  = efecto de la k-ésima línea por el l-ésimo probador;  $AL_{ik}$  = efecto de la k-ésima línea por el i-ésimo ambiente;  $AP_{il}$  = efecto del l-ésimo probador por el i-ésimo ambiente;  $ALP_{jkl}$  = efecto de la k-ésima línea por el l-ésimo probador por el i-ésimo ambiente;  $\varepsilon_{ijkl}$  = error experimental.

La estimación de los efectos genéticos de ACG para híbridos triples se realizó mediante las siguientes formulas.

Estimación de efectos de ACG para las líneas:

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

Estimación de efectos de ACG para probadores:

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

Donde:  $L_i$  = aptitud combinatoria general de líneas;  $P_j$  = aptitud combinatoria general de probadores;  $l$  = número de líneas;  $p$  = número de probadores;  $r$  = repeticiones;  $a$  = número de ambientes;  $Xi \dots$  = sumatoria de la i-ésima línea;  $X.j.$  = sumatoria del j-ésimo probador; y  $X \dots$  = sumatoria total.

## Calculo del Índice de Selección

Una vez identificadas las variables en base a su representatividad y su poder de discriminación, para las variables de interés (FM, ALP y REND) se procedió a integrarlas en un IS para identificar a los genotipos más sobresalientes.

La fórmula empleada para estimar el índice fue la siguiente:

$$IS = \left\{ [(Z_i - M_i)^2 * I_i] + [(Z_j - M_j)^2 * I_j] + \dots\dots\dots [(Z_n - M_n)^2 * I_n] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

*IS* = es el índice de selección.

*Z<sub>i...n</sub>* = Valor de la variable en unidades Z.

*M<sub>i...n</sub>* = Valor de la meta de selección también en unidades Z.

*I<sub>i...n</sub>* = Valor asignado con intensidad de selección.

La **intensidad de selección** es el grado de importancia que se le asignan a cada una de las variables a ser utilizadas en la selección y toma valores de 1 a 10. Este valor es diferente para cada una de las variables, según el criterio del investigador. El valor de intensidad más pequeño (1) es asignado a la variable de menor interés y el valor más alto (10) representa la variable de mayor importancia.

La **meta de selección** asignada a cada variable se refiere a las unidades de desviación estándar del promedio que se desea lograr en la selección. La meta toma valores de -3 a +3, con valor negativo la selección será para aquellos genotipos que se encuentren por debajo de la media de la población para la variable en evaluación; por el contrario, con valores positivos aquellos genotipos que se encuentren por arriba de la media de la población y para

seleccionar genotipos que se encuentren cercanos al promedio se utilizan metas con valor de cero.

Algo importante en el índice es que al momento de correr los datos, las unidades en que están representadas las variables deben estar estandarizadas para que estas puedan combinarse entre sí. Debido a que están representadas en unidades distintas (toneladas, centímetros, días, porcentajes, etc.), por lo que fue necesario estandarizar cada uno de ellos y de esta forma las características pudieran combinarse mediante la fórmula siguiente:

$$Z = \frac{y_j - \bar{y}}{S}$$

**Donde:**

**Z** = es el valor estandarizado; **Y<sub>j</sub>** = es el valor para la entrada j; **Ȳ** = es el promedio de todas las entradas; **S** = es la desviación estándar del grupo de entradas.

Para el mejorador, el índice de selección más bajo representa que el genotipo contiene las características que él está buscando o que se acerca mucho a este. Por el contrario mientras más grande sea el valor del índice de selección, significa que el genotipo es todo lo contrario de lo que buscamos. El mejor genotipo es aquel que tiene el valor más pequeño del índice.

## **Criterios de selección**

Para la identificación y selección de (líneas y probadores), se hará de acuerdo a los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y con respecto a los valores de un IS. Además de los atributos genéticos que presentan las líneas que sobresalen como progenitores de nuevos materiales, tomando en cuenta la habilidad del probador para discriminar las líneas sobresalientes en base a sus bajos efectos ACG, dejando que las líneas expresen su potencial genético para dichas variables.

Para seleccionar los mejores híbridos, se tomará en cuenta los que posean buenas características agronómicas, las variables de interés fueron FM, ALP y REND que se integraron por un IS. Por lo que el material seleccionado deberá presentar un buen IS tomando en cuenta los valores más bajos que son considerados como superiores.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos en esta investigación se presentan con la finalidad de cumplir los objetivos y probar las hipótesis establecidas, en este capítulo se discutirá cada análisis realizado.

Se discute también la selección a través del análisis Línea por Probador. Además de identificar los híbridos más estables, a través de un índice de selección (IS)

### **Análisis de Varianza Combinado**

El primer diseño fue el de análisis de varianza combinado, para observar el comportamiento y la interacción entre localidades, repeticiones y híbridos como se muestra en el Cuadro 4. 1.

**Cuadro 4. 1. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado en 3 localidades para 10 variables de los híbridos evaluados.**

F.V	GL	FM	FH	ALP	ALM	ACR	ACT	MC	PF	CP	PC	REND
		(días)	(días)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(1-5)	(%)	(t ha <sup>-1</sup> )
LOC	2	90534.60 **	102352.22 **	468420.98 **	212671.19 **	1536.48 **	684.63 **	173.48 **	483.66 **	29.98 **	169814.52 **	1758.01 **
REP (LOC)	3	28.76 **	74.84 **	2309.05 **	169.43	109.47 *	6.29 **	44.18 *	16.07 **	4.00 **	544.92 **	10.39
TRAT	167	8.66 **	26.19 **	467.57 **	433.40 **	57.77 **	1.74 **	13.35 *	6.03 **	1.21 **	45.42	13.57 *
LOC * TRAT	334	4.97 **	22.65 *	207.55	288.68 *	40.71	1.52	11.13	5.40 **	0.97	41.69	11.99
ERROR	500	2.87	19.13	249.50	236.97	34.63	1.29	9.96	2.74	0.89	41.26	11.05
CV.		2.16	5.51	6.60	12.30	146.01	119.62	126.70	73.35	31.83	11.80	25.73
MEDIA		78.46	79.32	239.43	125.12	4.03	0.95	2.49	2.26	2.96	54.44	12.92

\*, \*\* Niveles de significancia a  $P \leq 0.05$  y  $P \leq 0.01$  respectivamente. FV= fuente de variación, GL= grados de libertad, FM= floración macho (días), FH= floración hembra (días), ALP= altura de plantas (cm), ALM= altura de mazorca (cm), ACR= acame de raíz (%), ACT= acame de tallo (%), MC= mala cobertura (%), PF= plantas con fusarium (%), CP= calificación de plantas (1-5), PC= plantas cosechadas, , REN= rendimiento (t ha<sup>-1</sup>).

En la fuente de variación localidades presentó diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables evaluadas, esto pudo atribuirse al ambiente específico de cada localidad, además de sus factores edáficos y su ubicación geográfica, influyendo también el manejo agronómico que se estableció, este resultado nos permite observar la interacción genotipo ambiente. (Cuadro 4.1)

En las variables FM y FH las mejores localidades fueron la dos y tres debido a que las plantas mostraron mayor precocidad en floración, sin embargo con fines de selección la localidad uno es la más indicada ya que mostró mayor variación. (Cuadro 4. 2.)

En las variables ALP y ALM, la localidad que presentó plantas más bajas fue la uno, esto se debió a que presento mejores condiciones edafológicas y temperaturas, así como una mejor localización geográfica, pero con fines de selección la localidad dos mostro mayor diferencias que es lo que al mejorador busca, por lo tanto hubo mayor variación para alturas tanto de planta como de mazorca. (Cuadro 4. 2.)

En la variable PF, la localidad uno fue la de menor incidencia, ya que las condiciones climáticas y temperaturas fueron desfavorables para el fusarium y se propagara en nuestro material teniendo daños severos por este patógeno, pero con fines de una mejor selección la localidad dos mostró mayor incidencia de este patógeno y eso permite tener mejor espacio de selección. (Cuadro 4. 2.)

En la variable CP, la localidad tres mostró mejor calificación debido a que presentaron plantas vigorosas y uniformes con buen porte, libres de daños de plagas y enfermedades, en forma general con buena apariencia, pero la localidad uno fue la de menor calificación ya que hubo mayor variación entre materiales por lo que presentaron mala apariencia, daños severos de plagas y enfermedades. (Cuadro 4. 2.)

En la variable REND, las mejores localidades fueron la dos y tres, reflejando que los híbridos se expresan mejor en estas localidades ya que las

condiciones climáticas y edafológicas fueron favorables, además es de suma importancia el manejo agronómico que se planteo, los riegos se realizaron a tiempo evitando el estrés hídrico, las fertilizaciones y aplicaciones se realizaron en tiempo y forma manteniendo una planta vigorosa libre de plagas y enfermedades, para así expresar su máximo potencial genético de cada material y así permitir seleccionar los mejores materiales sobresalientes. (Cuadro 4. 2.)

**4. 2. Agrupamiento estadístico de 3 localidades con base a la diferencia de medias de tukey. Para las variables evaluadas.**

LOC	FM	FH	ALP	ALM	PF	CP	REND
1	97.47 A	99.54 A	197.51 C	97.45 C	1.27 C	3.19 A	10.28 B
2	68.98 B	69.31 B	269.49 A	146.82 A	3.59 A	3.08 B	14.08 A
3	68.98 B	69.18 B	251.15 B	130.98 B	1.90 B	2.63 C	14.41 A

En la fuente de variación repetición por localidad mostró diferencias al ( $P \leq 0.01$ ) para las variables FM, FH, ALP, ACT, PF, CP, PC, y diferencias significativas al ( $P \leq 0.05$ ) para la variables ACR, MC, más no significativas para las variables ALM, REND, debido a que las repeticiones se comportaron diferentes en cada localidad y eso es de suma importancia porque estos efectos son extraídos del error y permite que los estimados sean más precisos. (Cuadro 4.1)

En la fuente de variación tratamientos presentó diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ) para las variables FM, FH, ALP, ALM, ACR, ACT, PF, CP y diferencias significativas al ( $P \leq 0.05$ ) para las variables MC, REND, mas no hubo significancia para la variable PC, debido a que los materiales evaluados expresaron diferente fondo genético, que es de suma importancia para tener mejor estimación y hacer la selección más eficaz preexistiendo variación genética que aporte cada uno de los tratamientos, el cual permite escoger híbridos satisfactorios en relación a IS. (Cuadro 4.1)

Ya que los tratamientos mostraron diferencias en muchas variables lo que se recomienda es una selección simultánea para varios caracteres mediante los índices de selección. Además como los híbridos experimentales son cruces de prueba, estos también van a analizarse bajo el diseño línea por probador para saber cuáles son los más indicados para cada variable. (Cuadro 4.1)

En la fuente de variación localidad por tratamientos se observó diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para las variables FM, PF, y diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para las variables FH, ALM, esto pudo atribuirse a que los materiales cambian de orden en cada uno de los ambientes, lo cual permite tener mejor estimación sobre el comportamiento de cada material por localidad lo que indica que existe interacción genotipo ambiente por lo que dificultará la selección. (Cuadro 4.1)

### **Análisis de Varianza Línea por Probador**

En el Cuadro 4.3 se realizó un análisis de varianza para evaluar 168 híbridos, en tres localidades diferentes con dos repeticiones cada una, tomando en cuenta 14 variables agronómicas de interés, concentrándose ahí los cuadrados medios del análisis de varianza combinado (genético).

**Cuadro 4. 3. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado genético en 3 localidades para 14 variables de los híbridos evaluados.**

	FM	FH	ALP	ALM	ACR	ACT	MAL	PF	CP	CM	PC	PROL	REND	KHL	
F.V	GL	(días)	(días)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(1-5)	(1-5)	(%)	(%)	(t ha <sup>-1</sup> )	(%)
LOC	2	83548.17 **	94900.54 **	426412.44 **	194267.48 **	1384.32 **	651.32 **	171.06 **	443.80 **	30.07 **		156532.80 **		1539.746 **	
REP (LOC)	3	28.77 **	74.28 **	2318.09 **	208.57	107.99 *	6.15 **	42.31 *	16.03 **	3.89 **	108.48 *	537.29 **	2396.24 **	10.298	0.56
LINEA	97	12.04 **	28.52 **	511.51 **	530.82 **	62.27 **	2.50 **	13.16 *	6.82 **	1.13 *	22.94	46.25	233.38 *	15.462 **	39.87
LOC X LINEA	194	6.23 **	23.07 *	201.44	285.87 *	40.16	1.77 **	11.18	6.20 **	0.99		42.83		12.152	
PROBADOR	1	27.03 **	88.93 *	4979.26 **	1621.81 **	19.66	1.86	48.45 *	91.23 **	11.78 **	28.15	666.51 **	144.98	38.849	78.37
LOC X PROB	2	12.96 *	4.48	778.03 *	494.15	136.02	0.92		51.44 **	2.67 *		556.71 **		44.568 *	
LINEA X PROB	63	3.61	23.68	237.70	297.18	42.57	0.81	11.23	2.80	1.17 *	32.93	27.52	386.92 **	11.080	
LOC X LINEA X PROB	126	3.01	24.17 *	209.61	334.81 **	40.00	1.07		3.47 *	1.00		28.88		11.414	48.98 *
ERROR	518	2.86	18.54	255.56	228.90	35.47	1.26	10.04	2.70	0.87	25.72	41.04	167.41	10.924	33.70
C.V		2.16	5.43	6.68	12.09	147.76	118.45	127.21	72.88	31.40	167.51	11.77	13.02	25.573	8.25
MEDIA		78.46	79.32	239.43	125.12	4.03	0.95	2.49	2.26	2.96	3.03	54.44	99.41	12.924	70.34

\*, \*\* Niveles de significancia a  $P \leq 0.05$  y  $P \leq 0.01$  respectivamente. FV= fuente de variación, GL= grados de libertad, FM= floración macho (días), FH= floración hembra (días), AP= altura de plantas (cm), AM= altura de mazorca (cm), ACR= acame de raíz (%), ACT= acame de tallo (%), MC= mala cobertura (%), PF= plantas con fusarium (%), CP= calificación de plantas (1-5), PC= plantas cosechadas, CM= calificación de mazorca (1-5), PLF= prolificidad (%), REND= rendimiento ( $t ha^{-1}$ ), KHL= kilogramos por hectolitro.

En la fuente de variación localidades mostró diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ) para la mayoría de las variables, menos para las variables CM, PROL, KHL. Esto indica que debido a su ubicación geográfica, las localidades no presentan las mismas condiciones; (climáticas, edáficas y de manejo). (Cuadro 4.3)

En la fuente de variación repeticiones dentro de localidad se observó que existen diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ) para las variables FM, FH, ALP, ACT, PF, CP, PC, PROL y diferencias significativas al ( $P \leq 0.05$ ) para las variables ACR, MC, CALM, menos para ALM, REND y KHL. Reflejando que el diseño fue eficiente, esto pudo atribuirse a la variación del terreno, al manejo que se le dio o a las condiciones climáticas de cada una de las localidades y eso es de suma importancia porque estos efectos son extraídos del error y permite que los estimados sean más precisos. (Cuadro 4.3)

En la fuente de variación líneas presentó diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ) para las variables FM, FH, ALP, ALM, ACR, ACT, PF, REND, y un nivel de significancia al ( $P \leq 0.05$ ) para MC, CP, PROL, menos para CM, PC, KHL. Esta variación se atribuye a que cada línea muestra diferente comportamiento ambiental, otro factor pudo ser el fondo genético de cada una de las líneas; la diferencia detectada es de suma importancia para discriminar las más sobresalientes y con buena ACG. (Cuadro 4.3)

En la fuente de variación localidad por Línea mostró diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para las variables FM, ACT, PF, y diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para FH, ALM. Debido a que los materiales cambian de orden en cada uno de los ambientes; (es decir no mantienen estabilidad), lo cual permite tener mejor estimación sobre el comportamiento de cada línea por localidad lo que indica que existe interacción genotipo ambiente por lo que dificultará la selección. (Cuadro 4.3)

En la fuente de variación probador se observó diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ) y al ( $P \leq 0.05$ ) para la mayoría de las variables, menos para ACR, ACT. Esta variación puede atribuirse al fondo genético de cada uno de los probadores, lo que permitirá su clasificación. (Cuadro 4.3).

En la fuente de variación localidad por probador presentó significancias al ( $P \leq 0.01$ ) para las variables PF, PC y significancia al ( $P \leq 0.05$ ) para FM, ALP, CP y REND, menos para FH, ALM, ACR, ACT, KHL. Lo que refleja que los probadores muestran comportamiento diferente a través de ambientes. (Cuadro 4.3)

En la fuente de variación línea por probador mostró diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ) para PROL y al ( $P \leq 0.05$ ) para CP, menos para las variables FM, FH, ALP, ALM, ACR, ACT, MC, PF, CM, PC, REND, KHL. Esta variación pudo haberse debido a que los híbridos tuvieron diferente comportamiento para estas características y así poder seleccionar los más sobresalientes y de mejor aspecto, para el resto de las variables se comportaron similares ya que no exhibieron cambio de comportamiento. (Cuadro 4.3)

En la fuente de variación localidad por línea por probador, se observó diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para la variable ALM y ( $P \leq 0.05$ ) para FH, PFUS, KHL, menos para las variables FM, ALP, ACR, ACT, MC, CP, CM, PC, PROL, REND. Lo que indica que los híbridos se comportan de manera desigual a través de ambientes, otro factor de variación puede deberse a la aportación de genes favorables de las líneas. (Cuadro 4.3)

### **Análisis de Varianza para Híbridos en base a Índices de Selección.**

En el cuadro 4. 4. se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza línea x probador de las tres localidades para variables de interés que son (floración macho, altura de planta y rendimiento).

**Cuadro 4. 4. Cuadrados medios del análisis de varianza con base a los valores de índices de selección (integrado por rendimiento, floración macho y altura de planta) por híbrido a través de tres localidades.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>INDICE</b>	
LOC	2	80.315458	**
REP (LOC)	3	552.125201	**
HIBRIDOS	167	12.666624	**
LOC * HIBRIDOS	334	7.734413	
EE	501	6.735271	
CV		18.65757	
MEDIA		13.90985	

\*\* Niveles de significancia a  $P \leq 0.05$  y  $P \leq 0.01$  respectivamente, FV; Fuente de variación, GL; Grados de libertad, Índice se selección.

En la fuente de variación localidades mostró diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ) para la variable de respuesta, eso indica que las localidades presentaron diferente comportamiento debido entre otras cosas a su ubicación geográfica, las condiciones ambientales que presentaron y las condiciones edafológicas de cada localidad que se expresaron.

En la fuente de variación repeticiones dentro de localidades se observó que existen diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ), debido a que el diseño experimental fue eficiente, además en cada una de las localidades se establecieron al azar los híbridos a evaluar, sin embargo presentaron variación en cuanto al comportamiento climático, edafológico y el manejo agronómico que se estableció en cada localidad y eso es de suma importancia porque estos efectos son extraídos del error y permite que los estimados sean más precisos. Por lo que el mejorador podrá tener mejor estimación y ser más eficaz la selección.

Por otra parte en la fuente de variación híbridos presentó diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ) esta variación se debe a que los híbridos presentaron diferente comportamiento para esta característica y así discriminar los más sobresalientes y de mejor comportamiento para dichas variables agronómicas.

En el cuadro 4. 5. Se observan la comparación de las medias de 3 localidades, agrupadas con una prueba de tukey.

**Cuadro 4. 5. Agrupamiento estadístico de 3 localidades en base a la prueba de tukey para las variables de respuesta.**

LOC	MEDIA	AT
1	14.3637	A
2	13.9737	A
3	13.3921	B

Loc; Localidades, Med; cuadrados medios, AT; Agrupamiento Tukey

La localidad que tuvo mejor agrupamiento fue la 3 que es la de Silao ya que se presento mejor ubicación geográfica y sus condiciones ambientales y edafológicas fueron favorables para estimar mejor la agrupación. En el cuadro 4.6 se aprecian las medias generales de 168 híbridos experimentales, formando varios grupos estadísticos en base a la prueba de tukey.

#### **Análisis de Varianza para Líneas en base a Índices de Selección.**

En el cuadro 4. 6. Se aprecian las medias generales de 168 híbridos experimentales, formando varios grupos estadísticos en base a la prueba de tukey.

**Cuadro 4. 6. Media general de 168 híbridos, en base a una prueba de tukey.**

HIB	MED	AT												
160	18.50	A	64	15.19	B A C	163	14.08	B A C	122	13.42	B A C	22	12.68	B A C
160	18.50	A	6	15.17	B A C	140	14.06	B A C	84	13.40	B A C	96	12.65	B A C
160	18.50	A	112	15.14	B A C	158	14.05	B A C	100	13.35	B A C	18	12.64	B A C
160	18.50	A	46	15.13	B A C	99	14.05	B A C	21	13.35	B A C	16	12.61	B A C
51	16.78	BA	90	15.13	B A C	156	13.99	B A C	40	13.32	B A C	81	12.58	B A C
106	16.53	BA	4	15.04	B A C	102	13.98	B A C	45	13.31	B A C	135	12.49	B A C
61	16.48	BA	67	15.03	B A C	111	13.97	B A C	117	13.31	B A C	107	12.48	B A C
5	16.46	BA	53	15.00	B A C	129	13.94	B A C	69	13.31	B A C	71	12.43	B A C
2	16.20	BA	11	14.98	B A C	136	13.89	B A C	93	13.25	B A C	68	12.42	B A C
127	16.19	BA	52	14.98	B A C	35	13.87	B A C	109	13.25	B A C	95	12.40	B A C
159	16.12	BA	66	14.91	B A C	15	13.83	B A C	89	13.25	B A C	28	12.38	B A C
59	16.11	BA	33	14.85	B A C	38	13.82	B A C	133	13.23	B A C	167	12.37	B A C
124	16.10	B A C	94	14.80	B A C	42	13.76	B A C	7	13.22	B A C	113	12.32	B A C
57	16.04	B A C	48	14.77	B A C	72	13.75	B A C	29	13.19	B A C	103	12.29	B A C
131	16.03	B A C	49	14.75	B A C	108	13.71	B A C	23	13.18	B A C	70	12.27	B A C
19	15.93	B A C	34	14.73	B A C	151	13.70	B A C	150	13.18	B A C	79	12.22	B A C
128	15.83	B A C	20	14.71	B A C	60	13.68	B A C	118	13.14	B A C	27	12.02	B A C
132	15.76	B A C	134	14.65	B A C	44	13.65	B A C	116	13.12	B A C	14	12.01	B A C
58	15.75	B A C	164	14.64	B A C	75	13.60	B A C	1	13.12	B A C	85	11.98	B A C
110	15.74	B A C	126	14.64	B A C	26	13.59	B A C	162	13.08	B A C	32	11.96	B A C
168	15.67	B A C	105	14.63	B A C	41	13.58	B A C	92	13.07	B A C	146	11.95	B A C
123	15.65	B A C	25	14.50	B A C	77	13.57	B A C	80	13.06	B A C	155	11.89	B A C
139	15.65	B A C	98	14.49	B A C	17	13.54	B A C	54	13.04	B A C	152	11.68	B A C
138	15.64	B A C	36	14.44	B A C	165	13.54	B A C	12	13.02	B A C	10	11.61	B C
141	15.61	B A C	63	14.42	B A C	65	13.51	B A C	97	13.01	B A C	147	11.58	B C
55	15.40	B A C	157	14.39	B A C	88	13.51	B A C	30	12.99	B A C	104	11.55	B C
121	15.32	B A C	56	14.36	B A C	39	13.50	B A C	83	12.97	B A C	31	11.42	B C
166	15.32	B A C	143	14.36	B A C	101	13.49	B A C	74	12.95	B A C	120	11.29	B C
161	15.28	B A C	86	14.32	B A C	73	13.49	B A C	13	12.94	B A C	119	11.22	B C
76	15.27	B A C	47	14.31	B A C	50	13.48	B A C	9	12.90	B A C	78	10.92	B C
144	15.27	B A C	130	14.29	B A C	24	13.46	B A C	3	12.85	B A C	149	10.61	B C
115	15.26	B A C	8	14.24	B A C	91	13.46	B A C	125	12.76	B A C	153	9.27	C
82	15.26	B A C	114	14.21	B A C	137	13.45	B A C	154	12.70	B A C			
62	15.22	B A C	37	14.19	B A C	87	13.43	B A C	148	12.69	B A C			

Entre los híbridos experimentales el que mejor comportamiento tuvo es el híbrido 153 mostrando el valor más pequeño del índice, de acuerdo a los

criterios de selección establecidos, reflejando la superioridad para las tres características integradas; (floración macho, altura de planta y rendimiento)

En el cuadro 4. 7. Se observa el análisis de varianza del índice de selección (IS) para 3 variables de interés; floración macho, altura de planta y rendimiento en 3 ambientes diferentes.

**Cuadro 4. 7. Cuadrados medios del análisis de varianza del índice de selección en base a los valores de (ACG) de floración macho, altura de planta y rendimiento a través de tres localidades.**

FV	GL	INDICE	
LOC	2	107.635899	**
REP (LOC)	3	119.258367	**
LINEAS	167	15.793287	**
LOC * LINEAS	334	7.640213	*
EE	501	5.797996	
CV		16.98872	
MEDIA		14.17354	

FV; Fuente de variación, GL; Grados de libertad, Índice de selección, \*\* Niveles de significancia a  $P \leq 0.05$  y  $P \leq 0.01$  respectivamente.

En la variable localidades presentó diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ) para la variable de respuesta, indicando que no tuvieron el mismo comportamiento ya que no presentaron la misma ubicación geográfica, condiciones ambientales y edafológicas.

En la variable repeticiones dentro de localidades mostró diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ), esto se debió a que las repeticiones no se comportaron de la misma forma, eso es de suma importancia porque estos efectos son extraídos del error y permite que los estimados sean más precisos.

En la fuente de variación líneas presentó diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ) esto se debió a que las líneas, presentan diferente fondo genético y a los atributos agronómicos que poseen, eso permitirá al mejorador discriminar las más sobresalientes en índices de selección, ya que es de suma importancia para nuevos híbridos.

En la variable localidades por líneas se observó diferencias significativas al ( $P \leq 0.05$ ), reflejando que las líneas mostraron diferente comportamiento a través de ambientes, lo que indica que tienen diferente germoplasma, y dificultara al mejorador hacer la selección al no haber estabilidad.

En el cuadro 4. 8. Se aprecian 10 líneas, de un grupo estadístico de 98, las cuales formaron un solo grupo estadístico superior.

**Cuadro 4. 8. Media general de las 9 mejores líneas en base a aptitud combinatoria (ACG).**

Lineas	Medias	AT
47	12.05	A
97	11.97	A
57	11.88	A
87	11.75	A
66	11.45	A
14	11.44	A
83	11.28	A
86	10.48	A
84	9.73	A

En el cuadro 4. 8. Se muestran 9 líneas de las 98 evaluadas, que pertenecen al mismo grupo estadístico superior, cabe mencionar que sus

efectos de ACG fueron favorables, de acuerdo a los criterios establecidos para la selección. Indicando que está lejos al prototipo por su bajo índice de selección.

En el cuadro 4. 9. Se observan los valores de ACG de 2 probadores, indicando cuales variables se expresaron mejor con cada probador.

**Cuadro 4. 9. Valores de ACG de 2 Probadores para las Diferentes Variables evaluadas.**

PROB	FM	FH	ALP	ALM	ACR	ACT	MC	PF	CP	CM	PC	PROL	REND	KHL
1	0.158	0.266	2.652	-1.368	-0.012	-0.616	0.074	-0.355	-0.111	-0.287	-0.945	0.986	0.215	0.325
2	-0.196	-0.329	-3.283	1.694	0.023	0.508	-0.183	0.439	0.138	0.354	1.170	-1.216	-0.266	-0.400

PROB= probadores, FM= floración macho (días), FH= floración hembra (días), ALP= altura de plantas (cm), ALM= altura de mazorca (cm), ACR= acame de raíz (%), ACT= acame de tallo (%), MC= mala cobertura (%), PF= plantas con fusarium (%), CP= calificación de plantas (1-5), PC= plantas cosechadas, CM= calificación de mazorca (1-5), PROL= prolificidad (%), REND= rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ), KHL= kilogramos por hectolitro.

El probador 1 fue detectado como sobresaliente para discriminar las variables ALM, ACR, ACT, PF, CP, CM y PC, por presentar bajos efectos de ACG lo que permite que las líneas bajo prueba muestren su potencial para las características a evaluar, el probador 2 fue eficaz para las variables FM, FH, ALP, MC, PROL, REND, KHL, para cada variable de respuesta, permitiendo que las líneas no se opacaran con los probadores, dejando que las líneas expresen su potencial genético para dichas variables.

## V. CONCLUSIONES

De las 98 líneas evaluadas, 9 fueron estadísticamente superiores al resto con base al valor al mérito de su Índice de Selección, aportando efectos favorables de aptitud combinatoria general (ACG), a sus descendientes.

De los 2 probadores el más eficaz para las variables de respuesta (floración macho, altura de planta, mala cobertura, prolificidad, rendimiento y peso hectolitrito) en base a los efectos estimados de ACG fue el probador 2 ya que presento el valor más bajo permitiendo que las líneas bajo prueba expresaran su potencial genético. Mientras que el probador 1 fue detectado como sobresaliente para las variables (altura de mazorca, acame de raíz, acame de tallo, plantas con fusarium, calificación de plantas, calificación de mazorca y plantas cosechadas), por presentar bajos efectos de ACG lo que permite que las líneas bajo prueba muestren su potencial para las características a evaluar.

El mejor híbrido experimental de acuerdo a los objetivos establecidos fue el 153, ya que presento buenas características agronómicas, y atributos agronómicos en relación a índices de selección (IS).

## VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó, con la finalidad de desarrollar nuevos y mejores híbridos, con otra filosofía de mejoramiento y diferente fondo genético, con la expectativa de encontrar híbridos experimentales competitivos. Por medio del mejoramiento que es una herramienta útil en la actualidad, ya que permite mejorar el aspecto de los cultivos (fenotípicos y genéticos), satisfaciendo las necesidades de los productores, tomando en cuenta rendimiento y calidad.

El material genético utilizado en esta investigación consistió en 168 híbridos experimentales, resultantes de 100 líneas del IMM, con adaptación a la región del bajío y dos probadores, evaluados en tres ambientes representativos del área donde se desea impactar, con los objetivos: 1) Seleccionar de las 98 líneas las que presenten buenos atributos genéticos para ser considerados como progenitores sobresalientes de nuevos híbridos. 2) Identificar el mejor probador con respecto a su habilidad de discriminación de líneas. 3) Seleccionar por híbridos sobresalientes mediante la técnica de índices de selección. Los cruzamientos se realizaron en Colomo Nayarit, durante el ciclo primavera – verano 2011. Y los híbridos experimentales se evaluaron en tres ambientes diferentes Jaral y Silao Gto. Y El Prado N.L. bajo un diseño de siembra de bloques incompletos con un arreglo alfa-látice, realizando dos repeticiones por localidad. Se evaluaron 14 variables de respuesta, bajo un diseño de bloques completos al azar, con la finalidad de detectar diferencias estadísticas en las fuentes de variación y la interacción de los híbridos por localidad.

Lo que permitió identificar la mejor localidad para cada variable; la localidad 1 (El Prado, N.L.) fue eficiente para las variables; ALP, ALM, PF, la

localidad 2 (Jaral Gto.) para FM, FH, REND y la localidad 3 (Silao Gto.) para las variables FM, FH, CP, REND.

También se estimaron los efectos de aptitud combinatoria mediante el diseño línea por probador, los resultados del análisis de varianza presentó diferencias para todas las variables de respuesta, interpretando la interacción genotipo por ambiente.

El análisis de varianza con base a los valores de índices de selección (integrado por rendimiento, floración macho y altura de planta) por híbrido a través de tres localidades. Permite identificar los híbridos superiores con mejor comportamiento en base al valor más pequeño de IS, el híbrido con el valor más pequeño del índice, fue el 153 mostrando superioridad para las variables de respuesta (FM, ALP, REND), de acuerdo a los criterios de selección establecidos.

De los 2 probadores el más eficaz para las variables de respuesta (floración macho, altura de planta, mala cobertura, prolificidad, rendimiento y peso hectolitro) en base a los efectos estimados de ACG fue el probador 2 ya que presento el valor más bajo permitiendo que las líneas bajo prueba expresaran su potencial genético. Mientras que el probador 1 fue detectado como sobresaliente para las variables (altura de mazorca, acame de raíz, acame de tallo, plantas con fusarium, calificación de plantas, calificación de mazorca y plantas cosechadas), por presentar bajos efectos de ACG lo que permite que las líneas bajo prueba muestren su potencial para las características a evaluar. Indicando que los 2 probadores son buenos para dichas variables a evaluar, ya que permiten que las líneas expresen su fondo genético, debido a que los probadores son deficientes a dichas variables de respuesta, no opacando a las líneas.

**Palabras Clave: Híbridos, Material Exótico, Índices de Selección, ACG.**

## VII. LITERATURA CITADA

- Bänziger, M., G.O. Edmeades, D. Beck y M. Bellon.** 2000. Breeding for Drought and N Stress Tolerance in Maize: From Theory to Practice. México, D.F. International Maize and Wheat Improvement Centre (CIMMYT).
- 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.
- Beltrán, F. J., D. Beck., M. Banziger., G. Edmeades.** 2003. Análisis genético de rendimiento de grano puras o híbridadas en ambientes de estrés y sin estrés en maíz tropical. Revista Agrociencia 43 (3): 807- 817.
- Castañón, G., Cruz R., Del Pino R., Panzo E., Montiel M y Filobello L.** 2000. Selección de líneas de maíz por resistencia a sequía. Agronomía Mesoamericana 200 p-164.
- Cerón, R.J.J. y Sahagún, C. J.** 2005. Un índice de selección basado en componentes principales. Agrociencia 39(6):667-677.
- De la Cruz, L. E., S. A. Rodríguez E., A. Palomo G., A. López B., V. Robledo T., A. Gómez V., y R. Osorio O.** 2007. Aptitud combinatoria de líneas de maíz de lata calidad de proteína para características forrajeras. Universidad y Ciencia. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, México. 23 (1): 57-67
- Elizondo, B.J., Zavala G. F., Ortega P. R., Contreras J. A., Benítez R. I. y Guillen A.** 2000. Aptitud combinatoria de 13 genotipos de soya en

siembra de invernadero en el sur de Tamaulipas. In: Memoria de XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. Eds. Irapuato, Guanajuato. Pp.84.

**Epitia** C. M. M., Vallejo C. F. A. y Baena G. D. 2006. Efectos heteróticos y habilidad combinatoria para el rendimiento por planta en *cucúrbita moschata* Duch. Ex Poir. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín, Vol. 59 No.1.p.3.

**Escocia**, N. G., Molina, J. D. G., Castillo, F. G., y Mejía, J. A. C. 2010. Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruces simples de maíz; Rev. Fitotec. Mex. Vol. 33(3): 271-279.

**Gutiérrez** Del R. E., Palomo G. A., Espinoza B. A., De la Cruz L. E. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. Rev. Fitotec. Mex. 25(3): 271- 277

**Lobato** Ortiz R., J. D. Molina Galán, J. J. López Reynoso, J. A. Mejía C., D. Reyes López. 2009. Criterios para elegir el mejor probador de la aptitud combinatoria general para rendimiento de grano de líneas autofecundadas de maíz. Revista Agrociencia. 44 (1): 17 - 30.

**Modarresi**, M., M.T. Assad y Kheradnam M.. 2004. Determinación de índices de selección de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para aumentar el rendimiento de grano. J. Sci.. Y Tecnología. de Agric. y Recursos Naturales, 7 (4): 71-82.

**Morfin**, V. A. 1990. Cruces simples tropicales de maíz bajo condiciones de temporal. Resumen del XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Pag.354.

**Morales**, M. M. R., Parra, J. G., Sánchez, J. J. G., Ramírez, J. L. D., Cruz L. L., Mena, S. M., Hurtado, S. P., Chuela, M. B. 2007. Relaciones fenotípicas y heterosis entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz en Jalisco, México; Rev. Fitotec. Méx. Vol. 30(3): 285-294.

- Morata**, M. M., Presello D. A., González M. P. & Frutos E. 2006. Aptitud combinatoria para rendimiento entre líneas de maíz derivadas de nuevas fuentes de resistencia al Mal de Rio La Plata, Argentina.106 (1) 69-83.
- Navas**, A. A., Cervantes, T. 1992. Selección en cruzas interraciales tropicales de maíz de México para adaptación a valles altos; *Agronomía Mesoamericana* 3:23-33.
- Peña**, D. Alberto Z. 2008. Identificación de germoplasma con atributos para desarrollar híbridos de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias en Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Peréz**, C. A. A., Molina, G. J. D., y Martínez G. A. 2010. Adaptación a clima templado de variedad de maíz tropical mediante selección masal y visual estratificada; *Agrociencia* Vol. 34, numero 005, Colegio de Postgraduados, Texcoco, México Pp.533-542.
- Ramirez**, J. L., Rón, J., Sánchez, J., García, A., Maya, J. 1998. Actitud combinatoria general y correlaciones fenotípicas entre líneas y mestizos de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 9(2): 69-76.
- Ramirez**, L. 2006. Mejora de plantas alogamas. Universidad Pública de Navarra. Depto, de Producción Agraria. P 1-33.
- Sámamo**, G. D., H. De León C., De la Rosa L. 2005. Clasificación de líneas elite dentro de grupos heteroticos a través de mestizos. Instituto Mexicano Del Maíz. UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- Singh**, R.K. and Chaudhury, B.D. (1977). *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*, Kalyani Publication, New Delhi.
- Smith**, H. F. 1936. A discriminant function for plant selection. *Biometrics. Ann. Eugen.* 7(2):240-250.

- Sprague**, G. F., and Tatum L. A. 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.*34:923- 932.
- Srinivasan**, S. K. Vasal, F. G. Ceniceros, H. Córdova, S. Pandey, N. Vergara. 1993. Rendimiento y estabilidad de híbridos de maíz de cruas simples evaluadas en Colombia, México y Centro América. *Agronomía Mesoamericana*. 4:23 - 29.
- Vasal**, S. K., Vergara N. y Mc Leans, S. 1994. Estrategia en el desarrollo de híbridos tropicales de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 5: 184 - 189.
- Vasal**, S. K., H. Córdova, D. L. Beck y G. O. Edmeades. 1997. Choices among breeding procedures and strategies for developing stress tolerant maize germplasm at CIMMYT. Pp. 336-347.
- Vencovsky**, R., Barriaga, P. 1992. *Genetica biometrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto. Sociedade Brasileira de Genética. 486p.
- Yan**, W., Hunt L. A., Sheng Q., Szlavnicz Z. 2000. Cultivar la investigación de evaluación y mega con el medio ambiente basado en el biplot GGE. *Ciencia de los Cultivos*. 40 (3): 597- 605.
- Yáñez**, C. L. F. 2005. Índices de selección: Sugerencias para su utilización. En *Manual de Ganadería Doble Propósito*. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago. Pp. 106-110.

## VIII. APENDICE

**Cuadro A. 1. Genealogía de las líneas y Probadores.**

Lín	Genealogía	Lín	Genealogía	Lín	Genealogía
1	((M1E-197) E-197-6)-8-2	34	((M15PE-115-3-3-2) M15)-12-2	67	(M7 43-46-2-3-2)-4-2
2	((M1E-197) E-197-6)-11-2	35	((M16E-197) E-197-1)-12-5	68	(M7 43-46-2-3-2)-8-1
3	((M1E-197) E-197-6)-15-2	36	((M16E-197) M16)-2-1	69	(M7 43-46-2-3-2)-10-1
4	((M4V524-4119HC-43-3-2-4) V524-4119HC-43-3-2-4-1)-6-2	37	((M16E-197) M16)-14-2	70	(M7 43-46-2-3-2)-10-4
5	((M5PE-115-3-3-2) M5)-12-2	38	((M16E-197) M16)-15-2	71	(M7 43-46-2-3-2)-14-2
6	((M5PE-115-3-3-2) M5)-6-1	39	((M16PE-115-3-1-3) M16)-1-1	72	(CML-373 AN7 R-25-3-1-2-A)-A-A-7-3
7	((M6PE-212-1) M6)-4-1	40	((M29E-197) M29)-11-1	73	(M7 43-46-2-3-2)-14-3
8	((M6PE-212-1) M6)-16-1	41	((M31E-197) E-197-6)-16-1	74	(M47 351-296-1-6-A)-1-2
9	((M6PE-212-1) M6)-16-4	42	((M31E-197) E-197-6)-19-2	75	(M47 351-296-1-6-A)-2-2
10	((M7V524-4119HC-218-3 V524-4119HC-218-3-2)-6-1	43	((M35PE-112-7-A-A-4-2) M35)-4-1	76	(M47 351-296-1-6-A)-6-3
11	((M7V524-4119HC-218-3 V524-4119HC-218-3-2)-13-2	44	((M35PE-112-7-A-A-4-2) M35)-7-1	77	(M47 351-296-1-6-A)-17-2
12	((M7V524-4119HC-218-3 V524-4119HC-218-3-2)-14-1	45	((M35PE-112-7-A-A-4-2) M35)-7-5	78	(CML-373 AN7 R-25-3-1-2-A)-A-A-10-1
13	((M7V524-4119HC-218-3 V524-4119HC-218-3-2)-18-1	46	((M35PE-112-7-A-A-4-2) M35)-14-1	79	(CML-373 AN7 R-25-3-1-2-A)-A-A-10-2
14	((M7V524) M7)-1-1	47	((M35PE-112-7-A-A-4-2) M35)-18-3	80	(M47 351-296-1-6-A)-20-1
15	((M7V524) M7)-3-1	48	((M35PE-112-7-A-A-4-2) M35)-19-2	81	(M47 351-296-1-6-A)-20-3
16	((M7V524) M7)-5-1	49	((M35PE-115-3-1-10) M35)-13-1	82	((M22PE-115-3-1-11) M22) M22)-12
17	((M7V524) M7)-6-2	50	((M35PE-115-3-1-10) M35)-15-1	83	LEOPRECOZ-8-3-A-A-2
18	((M7V524) M7)-14-2	51	((M41PN-311-2-A-3-6) PN-311-2-A-3-6-A)-7-5	84	LEOPRECOZ-8-3-A-A-4
19	((M7E-197) E-197-6)-4-4	52	((M41PN-311-2-A-3-6) PN-311-2-A-3-6-A)-10-3	85	(LEOPRECOZPN-308-1)-11-A-A-1
20	((M7E-197) E-197-6)-7-4	53	((M41PN-311-2-A-3-6) PN-311-2-A-3-6-A)-18-1	86	(LEOPRECOZPN-308-2)-42-A-A-6
21	((M7E-197) M7)-16-2	54	((M41PN-311-2-A-3-6) PN-311-2-A-3-6-A)-18-2	87	(LEOPRECOZPN-308-1)-11-A-A-2
22	((M13V524-4119HC-43-3-2-4) V524-4119HC-43-3-2-4-1)-9-1	55	(M7 351-296-1-6-A)-6-1	88	(LEOPRECOZPN-308-1)-11-A-A-3
23	((M13V524-4119HC-43-3-2-4) V524-4119HC-43-3-2-4-1)-14-1	56	(M7 351-296-1-6-A)-20-1	89	MLS4-1 RC4N-7-1-1 53-36-37-N-10-2-A-1-1-A-1
24	((M13V524-4119HC-43-3-2-4) V524-4119HC-43-3-2-4-1)-19-A	57	(M13 232-10-11-1-A)-2-2	90	351-296-1-6-A-A
25	((M13PE-115-3-1-11) M13)-3-2	58	(M15 E-195-5)-7-1	91	Línea C
26	((M13PE-115-3-1-3) M13)-6-1	59	(M15 CML-11-3)-3-1	92	CS2 ((M1E-197) E-197-6)-11-1
27	((M16E-195) M16)-11-1	60	(M15 CML-11-3)-5-2	93	CS2 ((M7E-197) E-197-6)-7-1
28	((M16E-195) M16)-15-3	61	(M16 (PE-203-2PE-105-1)-1-A-7-3-5)-10-4	94	CS2 ((M35PE-115-3-1-10) M35)-13-2
29	((M16E-197) M16)-6-1	62	(M42 255-18-19N-14-1-A-4-2-A-7)-16-2	95	CS2 (M15 CML-11-3)-5-4
30	((M16E-197) M16)-13-1	63	(M42 255-18-19N-14-1-A-4-2-A-7)-16-4	96	CS2 (M19 (PE-106-8LBCPC4S4)-2-A-2-1-3)-5-2
31	((M16E-197) M16)-13-3	64	(M19 (PE-106-8LBCPC4S4)-2-A-2-1-3)-8-1	97	CS2 (M35 351-296-1-6-A)-20-4
32	((M16PE-115-3-1-3) M16)-1-2	65	(M47 232-10-11-1-A)-1-7	98	CS2 (M7 43-46-2-3-2)-10-2
33	((M15PN-311-2-A-3-6) PN-311-2-A-3-6-A)-4-2	66	(M47 232-10-11-1-A)-3-1		

Prob	Clave
1	CS1
2	CS2

