

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Selección Entre 94 Híbridos Simples y 64 Líneas a Través de un Índice de Selección y ACG Respectivamente

Por:

**GAMALIEL MORALES GARCÍA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México.

Marzo, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Selección Entre 94 Híbridos Simples y 64 Líneas a Través de un Índice de  
Selección y ACG Respectivamente .

Por:

**GAMALIEL MORALES GARCÍA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Humberto De León Castillo

Asesor Principal



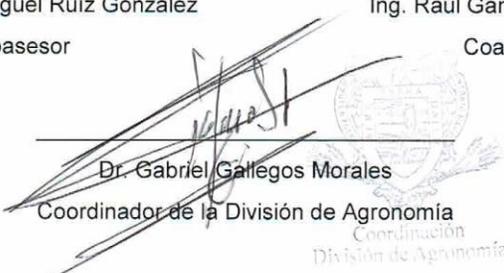
Ing. Carlos Miguel Ruíz González

Coasesor



Ing. Raúl Gándara Huitrón

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Marzo del 2018

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida y la oportunidad de culminar este proyecto.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por brindarme el espacio de superarme.

Al Dr. Humberto De León castillo, agradecerle por cederme la oportunidad de realizar este proyecto de investigación, por brindarme su amistad, apoyo, disponibilidad y conocimientos que me ayudaron a salir adelante en este trabajo y en la vida profesional.

Al Ing. Carlos Miguel Ruíz González por su apoyo y amistad que me brindo en este trabajo de investigación.

Al Ing. Raúl Gándara Huitròn por su apoyo y amistad brindado durante la carrera.

Al MC. Antonio de Jesús Vela Colorado por su gran apoyo durante el proceso de análisis estadístico de los datos realizados en este trabajo.

A Seleni Flor Velázquez Morales (Novia, Hermana, Amiga) que durante este tiempo me ha brindado su apoyo y amistad para seguir adelante.

A todos mis compañeros y amigos que con su amistad y apoyo incondicional se ha logrado uno de las metas que me propuse.

## DEDICATORIA

Este es el resultado del apoyo que me han brindado todo el tiempo.

Con amor y aprecio a mis padres

Néstor morales Pérez

Gloria García Velázquez

A mi madre por su gran amor, cuidado y cariño que siempre me ha brindado y claro por sus buenos consejos, eres la mujer que admiro con el corazón, Te Amo Mama.

A mi padre por su gran apoyo y ejemplo que me ha brindado durante el transcurso de mi vida. Con lo más hermoso del mundo te indico que eres el héroe de la historia.

A mis hermanos

Marcos, Lupita, Rigo, Katy, Moisés, Lety, Nelvi, Sira, Silvia, Jhoni, Isma y Williams.

Les doy gracias hermanos por su apoyo, cariño, amistad, confianza y comprensión que me han brindado durante mucho tiempo, esto es uno de los logros que nos propusimos y se ha realizado, con decirles que hace falta mucho más, pero con el mismo apoyo de siempre lo seguiremos logrando.

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó el comportamiento agronómico de 94 híbridos experimentales, formados entre pares de líneas (híbridos simples), las líneas pertenecen a un grupo germoplásmico de maíz con altura normal subtropical que es la contraparte del grupo germoplásmico del maíz enano (entre ambos grupos forman el mejor patrón heterótico del IMM. “Dr. Mario E. Castro Gil” de la UAAAN) ambos adaptados para el área del Bajío mexicano, en estos híbridos se evaluó 13 variables agronómicas para lograr los siguientes objetivos. I) Saber si existe variación entre las variables evaluadas en los híbridos experimentales; II) Obtener al menos un híbrido experimental que supere o iguale a los testigos; III) Estimar la aptitud combinatoria general de las líneas involucradas en la formación de los híbridos experimentales evaluados. Los ensayos de rendimiento se evaluaron en el 2017 en dos ambientes del campo directo de la UAAAN, los 94 híbridos simples se dividieron en dos experimentos, en los dos se utilizaron como testigos tres híbridos: uno de MONSANTO otro de PIONEER y el tercero de la UAAAN, de las 64 líneas evaluadas algunos se cruzaron con más de dos líneas diferentes, en éstas fue posible estimar su ACG para las variables de rendimiento y calificación de planta. La siembra de los tratamientos se llevó a cabo bajo un diseño de bloques incompletos, con dos repeticiones bajo un arreglo de alfa- látice, siendo 50 tratamientos divididos en 5 sub bloques (diez tratamientos por bloque). Se procedió a hacer un análisis de varianza individual para las 13 variables de cada experimento, para posteriormente hacer el análisis combinado con el fin de hacer comparaciones entre los tratamientos evaluados y conocer sus diferencias o similitudes estadísticas, los resultados del ANOVA mostraron diferencias significativas al  $P \leq 0.01$  y ( $P \leq 0.05$ ) para las fuentes de ambientes, repeticiones dentro de ambientes, bloques dentro de repeticiones por

ambientes, híbridos y ambientes por híbridos. Posteriormente con el modelo AMMI y su Gráfico Biplot se detectó cuatro agrupamientos naturales entre las 13 variables evaluadas, donde se eligió una variable en cada grupo, considerando la más representativa para la construcción del índice de selección. Para el primer experimento (47 híbridos evaluados) las variables elegidas fueron humedad, fusarium, peso hectolitrico y calificación de planta y para el segundo experimento (híbridos 48 al 94) fueron las variables fusarium, acame de raíz, calificación de planta y peso hectolitrico, éstas variables fueron utilizadas para construir el índice de selección, de acuerdo al análisis de varianza con todos los valores al mérito de índice de selección se identificaron los híbridos más sobresalientes para seguir con el programa de mejoramiento genético. Para los primeros 47 materiales evaluados los mejores híbridos fueron 19; (18x5) 42; (35x2) 43; (35x9) 1; (1x2) 14; (13x5) y para los híbridos 48 al 94 fueron; 12; (49x50) 33; (7x37) 6; (45x8) 24; (55 x 57). En la metodología para estimar ACG se identificaron las líneas que mostraron buena ACG para las siguientes variables evaluadas; para rendimiento se eligieron las líneas 51, 2, 45, 5 y 25, mientras que para la variable calificación de planta fueron las líneas; 2, 3 y 5. Estas líneas fueron seleccionadas por demostrar que poseen buena ACG en sus respectivas características evaluadas, por otro lado las líneas 2 y 5 son de buena ACG para estas dos variables, indicando que son superiores en rendimiento y porte de planta. Con estas líneas seleccionadas es posible mejorar la eficiencia de un programa de mejoramiento genético ya que se asegura tener éxito en las combinaciones.

**Palabras clave:** Híbridos, Índice de Selección, Modelo AMMI y su Gráfico Biplot y ACG.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	5
I. INTRODUCCIÓN .....	7
1.1 Objetivos .....	9
1.2 Hipótesis .....	9
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
2.1 Importancia de los híbridos.....	10
2.2 Uso de cruzas de prueba .....	12
2.3 Híbridos simples .....	14
2.4 Riego por cintilla .....	15
2.5 Alfa látice.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
3.1. Evaluación de híbridos .....	18
3.2. Descripción de la parcela experimental.....	21
3.3. Labores culturales.....	22
3.4. Variables agronómicas evaluadas.....	23
3.5. Análisis Estadísticos .....	26
3.6. Requisito para correr el Modelo AMMI y generar su Grafico Biplot .....	28
3.7. Índice de selección (IS).....	30
3.8. Estimación de aptitud combinatoria general (ACG).....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	33
4.1. Análisis de varianza individual para los 47 híbridos y tres testigos evaluados en terreno del Bajío de la UAAAN. ....	33
4.2. Análisis de varianza individual para los 47 híbridos y tres testigos evaluados en el campo directo del Instituto mexicano del maíz de la UAAAN.....	35
4.3. Análisis de varianza individual de los híbridos experimentales 48 al 94 y tres testigos evaluados en el terreno del Bajío de la UAAAN.....	38
4.4. Análisis de varianza individual para los híbridos 48 al 94 y tres testigos evaluados en el campo directo del Instituto mexicano del maíz de la UAAAN.....	40

4.5. Análisis de varianza combinado para los primeros 47 híbridos y tres testigos evaluados en dos ambientes dentro de la UAAAN.....	42
4.6. Análisis de varianza combinado para los híbridos 48 al 94 y tres testigos evaluados en dos ambientes dentro de la UAAAN.....	47
4.7. Selección de híbridos mediante un índice de selección .....	50
4.8. Selección de líneas de buena aptitud combinatoria general (ACG) .....	58
V. CONCLUSIÓN.....	60
VI. LITERATURA CITADA.....	61
VII. APÉNDICE .....	68

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Descripción de la genealogía de los híbridos simples y de los testigos empleados en los ensayos de rendimiento del 2017 en la UAAAN.....	19
Cuadro 3.2. Situación geográfica y características climáticas de los ambientes de evaluación. ....	21
Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza individual para 13 variables del ensayo de rendimiento para los primeros 47 híbridos experimentales y tres testigos evaluados en terreno del Bajío de la UAAAN 2017.....	34
Cuadro 4.2. Cuadrados medios del análisis de varianza individual para 13 variables del ensayo de rendimiento de 47 híbridos experimentales y tres testigos evaluados en el campo directo del Instituto mexicano del maíz de la UAAAN 2017.....	36
Cuadro 4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza individual para 13 variables del ensayo de rendimiento de los híbridos experimentales 48 al 94 y tres testigos evaluados en el terreno del Bajío de la UAAAN 2017. ....	39
Cuadro 4.4. Cuadrados medios del análisis de varianza individual para 13 variables del ensayo de rendimiento de los híbridos experimentales 48 al 94 y tres testigos evaluados en el campo directo del Instituto mexicano del maíz de la UAAAN 2017.....	41
Cuadro 4.5. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para 13 variables del ensayo de rendimiento de los primeros 47 híbridos y tres testigos evaluados en dos ambientes dentro de la UAAAN 2017.....	43
Cuadro 4.6. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para 13 variables del ensayo de rendimiento de los híbridos 48 al 94 y tres testigos evaluados en dos ambientes dentro de la UAAAN 2017.....	46
Cuadro 4.7. Híbridos seleccionados de los 47 híbridos evaluados en la UAAAN 2017.....	55
Cuadro 4.8. Híbridos seleccionados de los 48 a los 94 híbridos que fueron evaluados en la UAAAN. 2017.....	56
Cuadro 4.9. Líneas de buen comportamiento de ACG para las variables de rendimiento y calificación de planta. ....	59

Cuadro A1. Aptitud combinatoria general para la variable rendimiento de 64 líneas evaluadas. ....	68
---	----

Cuadro A2. Aptitud combinatoria general para la variable calificación de planta de 64 líneas evaluadas. ....	70
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Gráfico Biplot construido con valores estandarizados de 13 variables del ensayo de rendimiento de los 47 híbridos experimentales y tres testigos evaluadas en dos localidades de la UAAAN 2017. ....	51
--	----

Figura 4.2. Gráfico Biplot construido con los valores estandarizados de 13 variables del ensayo de rendimiento de los 48 a los 94 híbridos experimentales y tres testigos evaluadas en dos localidades de la UAAAN 2017. ....	53
---	----

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz es de gran importancia a nivel mundial se conoce como uno de los tres cereales más importantes y antiguos. Gracias a la formación de híbridos de este cultivo ha tenido gran impacto en la alimentación humana. (García *et al.*, 2002) los híbridos han sido de gran importancia en factor rendimiento, pero también se ha realizado investigación en su composición química y comportamiento térmico, los cuales podrían tener un potencial para la industria molinera-tortillera, producción de harinas nixtamalizadas, cereales para el desayuno, botanas, o para el aislamiento de almidón (Méndez- *et al.*, 2005).

Por varias décadas, se ha perseguido incrementar el rendimiento de grano, es claro que se busca que el material tenga exceso de vigor en relación con el promedio de sus progenitores y que tenga excelente aptitud combinatoria que es la base del mejoramiento genético por hibridación, para ello es importante que la selección de los materiales genéticos sea eficaz y es conveniente que se base en la estimación de parámetros genéticos de las características de importancia, mediante el análisis estadístico de datos fenotípicos de las progenies segregantes de los progenitores o de ambos (Chura *et al.*, 2014).

En algunos experimentos se ha demostrado que las cruza simples son más estables, además de exhibir rendimiento de grano superior con respecto a algunos híbridos comerciales, tuvieron ciclos fenológicos más cortos y altura de planta similar a la que tienen los arqueotipos comerciales actuales, los resultados mostraron que las cruza simples evaluadas pueden representar una opción para la producción de grano (Sánchez *et al.*, 2016).

En los híbridos el desarrollo de genotipos estables y con rendimientos altos es muy importante para la producción comercial de semilla por el cual, en las etapas finales del mejoramiento estos genotipos deben de ser evaluados en varias localidades y ciclos para identificar su potencial sobresaliente (Vergara *et al.*, 2005).

Este trabajo se realizó con la finalidad de evaluar el comportamiento agronómico de 94 híbridos experimentales formados entre pares de líneas (híbridos simples), las líneas pertenecen a un grupo germoplásmico de maíz con altura normal subtropical que es la contraparte del grupo germoplásmico del maíz enano; entre ambos grupos forman el mejor patrón heterótico del IMM. “Dr. Mario E. Castro Gil” para el área del Bajío mexicano, en estos híbridos se evaluaron 13 variables agronómicas para lograr los siguientes objetivos.

## **1.1 Objetivos**

- ❖ Saber si existe variación entre las variables evaluadas en los híbridos experimentales.
- ❖ Obtener al menos un híbrido experimental que supere o iguale a los testigos.
- ❖ Estimar la aptitud combinatoria general de las líneas involucradas en la formación de los híbridos experimentales evaluados.

## **1.2 Hipótesis**

- ❖ Entre los híbridos formados existe suficiente variación genética para poder realizar selección con grandes expectativas de éxito.
- ❖ De los híbridos experimentales en proceso de investigación existirán algunos que demuestren mejor potencial en los caracteres de importancia.
- ❖ Habrá diferente respuesta de las líneas en cuanto a habilidad combinatoria general en rendimiento y porte de planta.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia de los híbridos

Ledesma *et al.*, (2015) mencionó que un programa de mejoramiento genético de maíz basado en patrones heteróticos es fundamental debido a que da orden a la formación de híbridos.

Sámano *et al.*, (2009) indicaron la importancia de los programas de mejoramiento genético de maíz dedicados a la formación de híbridos y variedades comerciales de maíz requieren generar nuevas líneas con un buen comportamiento agronómico y excelente aptitud combinatoria.

Ramírez *et al.*, (2015) presentaron una metodología de mejoramiento genético que permita incorporar germoplasma de maíz nativo sobresaliente a pares heteróticos mejorados para formar híbridos comerciales de maíz.

Lozano *et al.*, (2015) se plantearon como objetivo modelar la interacción del rendimiento de 29 híbridos de maíz en distintos ambientes de clima tropical, visualizando el agrupamiento de genotipos y ambientes.

Márquez *et al.*, (2009) la superioridad de los nuevos híbridos no se basa sólo en el rendimiento, sino en otras características favorables como la menor altura de planta, la resistencia a la sequía o al número limitado de riegos, o a las enfermedades, las de alta calidad de proteína y mayor precocidad.

Tadeo *et al.*, (2013) mencionó lo importante que es la formación y producción de semilla híbridas tomando en cuenta el factor desespigamiento que es caro por los numerosos jornaleros requeridos, lo cual les permitió la utilización de la androesterilidad que reduce y evita esta actividad y precio de la semilla.

Ramírez *et al.*, (2015) mencionó la importancia de mostrar resultados a través de la metodología propuesta en una cruce simple de maíz para obtener híbridos y aumentar el tamaño del grano en los progenitores.

Cervantes *et al.*, (2016) es importante indicar que para tener un buen híbrido debe seguir un proceso de selección recurrente para incrementar la frecuencia genética aditiva en la calidad y rendimiento de la semilla y vigor en plántulas.

García *et al.*, (2014) indicaron que gracias a los paquetes tecnológicos utilizados en semillas mejoradas se ha podido tener una buena calidad y rendimiento en granos, por lo tanto, motivan a tener más materiales híbridos o mejorados.

Ruiz *et al.*, (2010) en los híbridos es importante la evaluación de germoplasma para ser más preciso en aspectos que influyen en el factor rendimiento como puede ser menor tiempo, mayor adaptación y a menor costo (Ruiz *et al.*, 2010) Mencionaron que en un programa de mejoramiento siempre es importante estimar el factor rendimiento para así ser un germoplasma en vanguardia.

Di Santo *et al.*, (2012) para la formación de híbridos en maíz es importante tomar en cuenta el conocimiento de la aptitud combinatoria de los progenitores que permita seleccionar aquellos de buen comportamiento en una serie de cruzamientos e identificar combinaciones específicas de comportamiento superior.

García *et al.*, (2002) indican los dos grandes sistemas de mejoramiento genético del maíz que son la selección y la hibridación. En selección se aprovechan los efectos génicos aditivos, y en la hibridación se capitalizan los efectos génicos no aditivos.

De león *et al.*, (2006) indicaron que es necesario incrementar la producción de maíz en México para evitar las continuas y voluminosas importaciones, y proponen que la mejor opción es incrementar la productividad mediante el uso eficiente de los recursos disponibles. Como es el material genético mejorado y conocimiento sobre diversidad genética heterosis y aptitud combinatoria general y específica.

## **2.2 Uso de cruzas de prueba**

Nestares *et al.*, (1999) el comportamiento de cruzamientos de prueba depende de la habilidad combinatoria general asociada a efectos aditivos y de la habilidad combinatoria específica que depende de diferencias en frecuencias génicas para alelos con dominancia parcial completa entre el material probado y los probadores.

Sierra *et al.*, (2000) Indicaron que el comportamiento de los cruzamientos con probadores divergentes puede servir de criterio de clasificación del material en distintos grupos de heterosis.

Mendoza *et al.*, (2000) los probadores se han utilizado en cruzas para obtener los mejores híbridos y determinar si este maximiza ganancia en rendimiento y que mejor discrimina las líneas.

Ramírez-Díaz *et al.*, (2007) indican que los probadores se utilizan para saber el comportamiento agronómico entre líneas y las respuestas promedio de las líneas con los diferentes probadores.

Sierra *et al.*, (2000) los probadores se emplean para la identificación de las mejores líneas en un programa de mejoramiento genético. Además, los mejoradores necesitan más información acerca de cómo seleccionar probadores para identificar líneas en la formación de variedades sintéticas e híbridos.

Oyervides *et al.*, (2000) mencionaron que con el uso de diferentes probadores se obtienen la máxima información, logrando seleccionar el germoplasma deseado. El uso de probadores de amplia y estrecha base genética debe partir de aptitud combinatoria específica (ACE) y aptitud combinatoria general (ACG).

Mendoza *et al.*, (2000) en la evaluación de dos probadores para determinar la máxima ganancia en rendimiento demostraron que el probador de reducida base genética resultó ser superior y con diferencia significativa con relación al probador de amplia base genética. Pero el probador más factible para discriminar las líneas es el de amplia base genética. Han demostrado que es importante el uso de varios probadores para así tener más información y de esta manera contar con el germoplasma específico para la formación de híbridos.

García *et al.*, (2002) indicaron que posiblemente cuando hay alguna interacción genética del probador con las líneas, pues se observa que la varianza fenotípica entre mestizos es casi la misma.

### **2.3 Híbridos simples**

Moreno *et al.*, (2002) en la actualidad se siguen incrementando el rendimiento de líneas para la formación de híbridos de cruce simple, la cual estos deben manifestar alta heterosis en la cruce.

Rincón *et al.*, (2003) los híbridos simples son derivados de la cruce de dos líneas que mejor convine y que el resultado sea determinado de componentes de la calidad fisiológica en términos de viabilidad y vigor, los cuales ayudan a predecir un buen híbrido de maíz.

Molina *et al.*, (2010) en los Estados Unidos de América se usan híbridos de cruce simple en la producción comercial de maíz porque se dispone de líneas autofecundadas con alto potencial de rendimiento. Un propósito importante del mejoramiento genético de maíz (*Zea mays* L.) por hibridación es generar cruces que superen en rendimiento de grano a las variedades locales criollas y mejoradas.

Virgen *et al.*, (2016) mencionan que las cruces simples presentan mayor interacción con el ambiente al ser poblaciones de condición más homogénea en comparación con los híbridos trilineales y dobles, donde las cruces simples progenitoras hembras tienen atributos genéticos deseables para la producción de semilla.

Arellano *et al.*, (2004) mencionaron que en mejoramiento de plantas es importante conocer el componente genético de los progenitores y así saber si combinan bien para formar híbridos altamente productivos.

De la cruz *et al.*, (2003) originalmente los híbridos o variedades mejoradas de maíz son utilizados de fuentes de germoplasma que se han adaptado y están disponibles dentro de las regiones productoras de maíz reconocidas en el mundo, como son la Templada, la Tropical, la Subtropical, y la de los Valles Altos en los trópicos y subtrópicos. De la diversidad genética de maíz en México solo una pequeña fracción se ha utilizado en programas formales de mejoramiento genético.

## **2.4 Riego por cintilla**

García *et al.*, (2006) demuestran que el riego por cintilla es una buena opción técnica para incrementar los rendimientos en los cultivos a nivel regional y la eficiencia en el uso del agua mucho más alta que con el riego tradicional.

Sosa *et al.*, (2007) una de las alternativas en el uso del agua es la utilización de sistemas de riego por goteo subsuperficial (cintilla) que se han probado en gran escala y en varias estaciones del año y con un buen rendimiento en diferentes cultivos.

El riego por goteo subsuperficial (RGS) alcanza una de las mayores eficiencias en la aplicación del agua (95%) y permite la dosificación de los fertilizantes por medio del fertirriego satisfaciendo los requerimientos nutrimentales del cultivo y optimizando el manejo de los nutrientes en cada una de las etapas fenológicas (Guevara *et al.*, 2005).

Inzunza *et al.*, (2007) los métodos modernos de irrigación como el riego por goteo, son herramientas importantes para incrementar la eficiencia del uso del agua, especialmente en regiones áridas donde es un recurso escaso y limitante para la producción agrícola.

Arellano *et al.*, (2004) definen que el riego por cintilla es un sistema para dirigir el agua a la planta gota a gota, para satisfacer sus necesidades hídricas, mediante el empleo de tuberías rígidas o flexibles de diversos calibres lo cual tienen adherido un gotero responsable de la aplicación del agua. Este sistema presenta un alto grado de eficiencia en el uso del agua y una de sus más cualidades es que riega una gran superficie con pequeño volumen de agua.

## **2.5 Alfa làtice**

Martínez *et al.*, (2006) los diseños làtice se propusieron hace aproximadamente 70 años, y libros de texto recientes consideran todavía los mismos diseños làtice.

Yau (1997) en su experimento indican que el alfa-enrejado fue en general más eficiente cuando los C.V. de los ensayos fueron altos. También fue ligeramente más eficiente para ensayos de bajo rendimiento que para ensayos de alto rendimiento, y que se recomienda su uso para ensayos internacionales.

M. Kashif *et al.*, (2011) el uso del diseño alfa-reticular permite el ajuste de las medias de tratamiento para efectos de bloqueo. Esto, a su vez, trae beneficios de los pequeños bloques incompletos que ayudan a las comparaciones varietales en condiciones más homogéneas.

Los agrónomos se han basado en gran medida en el coeficiente de variación (CV) como una medida de la fiabilidad de los ensayos. Sugirió que el diseño de la red alfa parece detectar mejor las diferencias genotípicas que el RCBD y, por lo tanto, mejorará la eficacia de los ensayos de campo.

Asif *et al.*, (2008) la ganancia es considerable en términos de eficiencia alcanzada al utilizar Alpha lattice design, por proporcionar un mejor control de la variabilidad experimental entre las unidades experimentales que favorece un uso más amplio de estos diseños en condiciones de campo.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Evaluación de híbridos**

El desarrollo de este trabajo consistió en la evaluación de 94 híbridos simples experimentales, formados entre 64 líneas que coincidieran en floración; las líneas fueron derivadas del grupo germoplásmico de maíz normal del IMM-UAAAN adaptado para el Bajío; los ensayos de rendimiento se evaluaron en el 2017 en dos lotes del campo directo de la UAAAN, algunas líneas se cruzaron con más de dos líneas diferentes, en éstas será posible estimar su aptitud combinatoria general (ACG).

Los 94 híbridos simples se dividieron en dos experimentos para su evaluación, en ambos se utilizaron como testigos tres híbridos uno de MONSANTO otro de PIONEER y el tercero de la UAAAN. La descripción del material genético se presenta en el Cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1. Descripción de la genealogía de los híbridos simples y de los testigos empleados en los ensayos de rendimiento del 2017 en la UAAAN.**

HIBRIDOS	CLAVE	GENEALOGÍA DE LOS HÍBRIDOS SIMPLES DEL PRIMER EXPERIMENTO		HIBRIDOS	CLAVE	GENEALOGÍA DE LOS HÍBRIDOS SIMPLES DEL SEGUNDO EXPERIMENTO
1	0710X 0902	(M22x351)xM22-3	X []	1	0810 x 0819	M35 X ML
2	0721 x 0608	(M23xV524)xM23-1	X (M7x35)x351-2	2	0810 x ML	M35 X ML
3	0721 x 0724	(M23xV524)xM23-1	X (M23x351)xM23-1	3	0811 x 0407	M36 X (MLxM46)xML-3
4	0721 x 0902	(M23xV524)xM23-1	X []	4	0811 x 0816	M36 X MCS41
5	0722 x 0821	(M23xV524)xM23-2	X LE 4-1	5	0811 x 0818	M36 X 232-10-11
6	0722 x 0901	(M23xV524)xM23-2	X M7	6	0811 x 0901	M36 X M7
7	0722 x 0902	(M23xV524)xM23-2	X []	7	0811 x 0904	M36 X [[]]
8	0722 x 0904	(M23xV524)xM23-2	X [[]]	8	0812 x 0204	M42 X (112xML)xM35xM35-1-B
9	0723 x 0404	(M23xV524)xM23-3	X (MLxM46)xML-3	9	0812 x 0206	M42 X (PE146xPE203)-3-AxN135xM75-2-B
10	0723 x 0819	(M23xV524)xM23-3	X ML	10	0812 x 0607	M42 X (M7x35)x351-1
11	0723 x 0821	(M23xV524)xM23-3	X LE 4-1	11	0812 x 0819	M42 X ML
12	0723 x 0904	(M23xV524)xM23-3	X [[]]	12	0813 x 0122	M47 X (PE61x47)xM-7-1-B
13	0725 x 0215	(M23x351)xM23-2	X (S3-21-4xM3)xM3-1-B	13	0813 x 0206	M47 X (PE146xPE203)-3-AxN135xM75-2-B
14	0725 x 0216	(M23x351)xM23-2	X (S3-21-4xM35)xM35-1-B	14	0813 x 0325	M47 X (MLxMM25)xML-2-B
15	0725 x 0219	(M23x351)xM23-2	X S3-21-4xM42)xM42-2-B	15	0813 x 0421	M47 X (MLxM25)xM35-3
16	0725 x 0325	(M23x351)xM23-2	X (MLxMM25)xML-2-B	16	0813 x 0607	M47 X (M7x35)x351-1
17	0801 x 0620	(M23x351)xM23-3	X (M13xv52)xM15-3	17	0813 x ML	M47 X ML
18	0801 x 0625	(M23x351)xM23-3	X (M13xLínea C)xC-3	18	0814 x 0514	351 X [[][]]
19	0801 x 0724	(M23x351)xM23-3	X (M23x351)xM23-1	19	0814 x 0606	351 X (M7x351)xM29-2
20	0802 x 0325	M3	X (MLxMM25)xML-2-B	20	0814 x 0808	351 X M29
21	0802 x 0404	M3	X (MLxM46)xML-3	21	0814 x 0904	351 X [[]]
22	0802 x 0406	M3	X (MLxM46)xML-3	22	0815 x 0404	PE212 X (MLxM46)xML-3
23	0803 x 0620	M3	X (M13xv52)xM15-3	23	0815 x 0617	PE212 X (M15xV524)xM29-2
24	0803 x 0824	M3	X LP x PV – 11	24	0815 x 0618	PE212 X (M13xv52)xM15-1

25	0803 x ML	M3 X ML	25	0815 x 0816	PE212 X MCS41
26	0804 x 0214	M6 X (S3x28xM42)xM42-3-B	26	0816 x 0817	MCS41 X 43-46
27	0804 x 0407	M6 X (MLxM46)xML-3	27	0817 x 0817	43-46 X 43-46
28	0804 x 0824	M6 X LP x PV) – 11	28	0820 x 0406	C2 X (MLxM46)xML-3
29	0806 x 0407	M13 X (MLxM46)xML-3	29	0820 x 0421	C2 X (MLxM25)xM35-3
30	0806 x 0607	M13 X (M7x35)x351-1	30	0821 x 0517	LE 4-1 X (232RxC)xC-3
31	0806 x 0625	M13 X (M13xLínea C)xC-3	31	0821 x 0519	LE 4-1 X (232Rx2)xC-2
32	0807 x 0119	M23 X (E174xE94)xM422xM42-3-B	32	0821 x 0609	LE 4-1 X (M7x35)x351-3
33	0807 x 0120	M23 X (QPMxM22)xM22-2-B	33	0821 x 0817	LE 4-1 X 43-46
34	0807 x 0206	M23 X (PE146xPE203)-3-AxN135xM75-2-B	34	0822 x 0406	LE 7-4 X (MLxM46)xML-3
35	0807 x 0608	M23 X (M7x35)x351-2	35	0822 x 0421	LE 7-4 X (MLxM25)xM35-3
36	0807 x 0620	M23 X (M13xv52)xM15-3	36	0822 x 0625	LE 7-4 X (M13xLínea C)xC-3
37	0807 x 0904	M23 X [[]]	37	0822 x 0817	LE 7-4 X 43-46
38	0807 x ML	M23 X ML	38	0823 x 0107	LP -1 -F-A-A X (M47xLC)x LC-1-B
39	0808 x 0517	M29 X (232RxC)xC-3	39	0823 x 0110	LP -1 -F-A-A X (M47x232)xM47-3-B
40	0808 x 0817	M29 X 43-46	40	0823 x 0113	LP -1 -F-A-A X (E174xE94)xM42xM42-2-B
41	0808 x 0901	M29 X M7	41	0823 x 0310	LP -1 -F-A-A X (LP7xPN308-1)xM23xC-3-B
42	0808 x 0902	M29 X []	42	0823 x 0313	LP -1 -F-A-A X (LPxPN308)xM35xLP-3-B
43	0808 x 0904	M29 X [[]]	43	0823 x ML	LP -1 -F-A-A X ML
44	0810 x 0120	M35 X (QPMxM22)xM22-2-B	44	0824 x 0107	LP x PV) - 11 X (M47xLC)x LC-1-B
45	0810 x 0204	M35 X (112xML)xM35xM35-1-B	45	0824 x 0110	LP x PV) - 11 X (M47x232)xM47-3-B
46	0810 x 0621	M35 X (M13xCAFIME)xM3-1	46	0824 x 0215	LP x PV) - 11 X (S3-21-4XM3)xM3-1-B
47	0810X0622	M35 X (M13xCAFIME)xM3-2	47	0824 x 0607	LP x PV) - 11 X (M7x35)x351-1
48	UAAN2016	AN 447	48	UAAAN2016	AN 447
49	P	PIONEER	49	P	PIONEER
50	M	MONSANTO	50	M	MONSANTO

Los dos ensayos de rendimientos se establecieron en sitios y fechas diferentes en los campos directo de la UAAAN, las descripciones de los ambientes se resumen en el Cuadro 3.2 y las fechas de siembra fueron el 30 de marzo y 29 de abril.

**Cuadro 3.2. Situación geográfica y características climáticas de los ambientes de evaluación.**

Año	Ambientes	Coordenadas geográficas		
		Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)	Altitud (msnm)
2017	UAAAN IMM 1	25° 20'	101° 01'	1,815
	UAAAN BAJIO 2	25° 21'	101° 02'	1,730
	UAAAN IMM 3	25° 20'	101° 01'	1,815
2017	UAAAN BAJIO 4	25° 21'	101° 02'	1,730

Descripción Climática:

Temperatura media anual	19.8 °C
Precipitación media anual	350 a 400 mm
Tipo de clima	BW hw (x") (e)

### 3.2. Descripción de la parcela experimental

La siembra de los tratamientos se llevó a cabo bajo un diseño de bloques incompletos, con dos repeticiones bajo un arreglo de alfa-làtice siendo 50 tratamientos divididos en 5 sub bloques (diez tratamientos por bloque). La unidad experimental es de un surco de 3.70 m, de largo por 0.80 m de ancho, con espaciamento de 0.16 m entre plantas, con 23 plantas por parcela.

### 3.3. Labores culturales

La siembra se llevó a cabo manualmente, depositando 25 semillas por parcela con el fin de obtener en el momento de emergencia el número de plantas adecuada para una toma de datos exactos y pueda disminuir el error experimental lo más posible.

**Fertilización.** La fórmula aplicada en estos ensayos de rendimiento fue 200-100-100 kg ha<sup>-1</sup> de Nitrógeno, Fosforo y Potasio aceptablemente, la dosis de fertilización se distribuyó como se indica en seguida: todo el Fosforo, Potasio y la mitad del Nitrógeno fueron aplicados a los 30 días de la siembra cuando la planta se encontraba en etapa V3, el resto del Nitrógeno se aplicó en el primer cultivo y posteriormente el aporte, adicionalmente se realizó una aplicación de micronutrientes vía foliar en etapa V6, acompañado de insecticidas.

**Control de maleza.** En todos los ambientes de evaluación se utilizó un herbicida pre-emergente con el nombre comercial de Calibre 90, (cuyo ingrediente activo es Atrazina) a razón de 2 kg ha<sup>-1</sup>, aplicado después del riego de siembra y herbicida pos-emergente con el nombre comercial de Convey, (cuyo ingrediente activo es Topramezone 29.73% SC) a razón de 100 ml ha<sup>-1</sup>.

**Control de plagas.** La eliminación de plagas se llevó a cabo durante el ciclo vegetativo del cultivo, dándole más importancia en la primera etapa de desarrollo y crecimiento de la planta. Esta aplicación se realizó manualmente con apoyo de mochilas, se utilizaron los siguientes insecticidas, Proclaim (Benzoato de Emamectina) y Topgar (cyromacina), para el control de gusano cogollero y minador.

**Cosecha.** Se realizó manualmente por parcela útil donde se calificó la mazorca, se determinó peso de campo y porcentaje de humedad.

### 3.4. Variables agronómicas evaluadas

**Días de floración macho (FM).** Son el número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el cincuenta por ciento más uno de las plantas de las parcelas experimentales presenten anteras dehiscentes.

**Días de floración hembra (FH).** Es el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el cincuenta por ciento más uno de las plantas mantengan los estigmas receptivos.

**Altura de planta (AP).** Este dato se toma en centímetros desde la base de la planta hasta el nudo y base de la hoja bandera. Para la obtención de este dato se utilizó una regla de madera no más de tres metros.

**Altura de mazorca (AM).** Es la longitud que existe desde la base del tallo y el primer nudo de inserción de la mazorca principal. Este dato se obtuvo tomando una planta representativa de cada parcela experimental y su valor se registró en centímetros.

**Acame de raíz (AR).** Este dato se toma en porcentaje que representa a las plantas acamadas por parcela tomando en cuenta aquellas que presentan una inclinación mayor a 30° con respecto a la vertical.

**Acame de tallo (AT).** Este dato se toma en porcentaje que representa a las plantas quebradas por debajo de la mazorca principal.

**Mala cobertura (MCOB).** Se expresa en porcentaje con relación al total de mazorcas cosechadas que no alcanzaron a cubrir muy bien por las brácteas quedando descubierta la punta de la mazorca.

**Plantas con fusarium spp (FUS).** Es la relación que existe entre el número de plantas enfermas respecto al total de plantas presentes en la parcela experimental, y se expresa en por ciento.

**Calificación de planta (CP).** Valor expresado como calificación de las plantas por parcela útil que considera; porte, sanidad, vigor, potencial de rendimiento y precocidad, la escala de calificación va de 1 a 9 (1 muy mala 9 muy buena).

**Calificación de mazorca (CM).** Calificación visual en base al total de mazorcas cosechadas por parcela útil que tienen un buen llenado de grano, tamaño, uniformidad, sanidad y calidad de semilla, la escala va de 1 a 9 (1 muy mala 9 muy buena).

**Peso hectolitrico (PH).** Se determinó en base a una muestra representativa de mazorcas desgranadas en campo de la parcela útil. Es el peso de la masa de granos que ocupa el Volumen de 100 litros.

**Por ciento de humedad (HUM).** Este dato se obtuvo a través de la toma de un número de mazorcas de cada parcela (las más buenas), se desgranaron tres hileras hasta juntar cerca de 250 gramos; para posteriormente tomarles el dato de humedad en el aparato Dickie Jhon.

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

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

Donde % H= Porcentaje de humedad del grano a la cosecha por parcela;  
PC= peso de campo en kg.

Para obtener el rendimiento ajustado se tuvo que efectuar el factor de corrección con la siguiente formula.

Rendimiento de grano (REND) es la producción estimada por parcela experimental reportada en tha-1 de mazorcas al 15.5 por ciento de humedad, esto se obtuvo dividiendo la equivalencia de la hectárea sobre el producto del peso seco (PS) por el área de parcela útil y dividido en la equivalencia de una tonelada.

$$RENDIMIENTO \text{ en } t x ha \left[ \frac{(10,000m^2)}{APU \times PS} \right] / 1000$$

*RENDIMIENTO\*0.155=RENDIMIENTO en t x ha AJUSTADO AL 15% DE HUMEDA*

Dónde:

APU = Área de parcela útil, determinado por la distancia entre surcos por la distancia de estos y por el número de plantas por parcela; 0.155 = Constante para obtener el rendimiento al 15.5 por ciento de humedad; 1,000 = Constante para obtener el rendimiento en t ha-1; 10,000 m<sup>2</sup>, equivalente a una hectárea. En este experimento se determina el análisis de todas las variables que se mencionan en esta investigación.

### 3.5. Análisis Estadísticos

#### Análisis de varianza

Con esta herramienta se genera la comparación entre los tratamientos evaluados para conocer las diferencias o similitudes estadísticas que presentan los experimentos y detectar el comportamiento de los materiales en su ambiente establecido.

El análisis de varianza se realizó para trece variables generales del experimento para observar el comportamiento de las repeticiones, bloques dentro de repeticiones y entre híbridos (tratamientos).

Este análisis se realizó utilizando el diseño de bloques incompletos al azar bajo un arreglo de alfa látice con la ayuda del paquete estadístico SAS incluyendo 50 tratamientos por ensayos (10 tratamientos por bloques). Cuyos dos modelos estadísticos son los siguientes:

1 Modelo para los ensayos de rendimiento individual

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + B_{j(i)} + T_k + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = variables de respuesta.

$\mu$  = efecto de la media general.

$R_i$  = efecto de la i-esima repetición.

$B_{j(i)}$  = efecto de la j-esima bloques dentro de la i-esima repetición.

$T_k$  = k-esima tratamientos.

$\epsilon_{ijk}$  = efecto del error experimental.

2 Modelo para los ensayos combinados.

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + R_{j(i)} + B_{k(i,j)} + T_l + AT_{il} + E_{ijkl}$$

Dónde:

$Y_{ijkl}$  = Es el valor observado de los tratamientos (l), en el ambiente (i), en la repetición (j), dentro del bloque (k).

$\mu$  = es la media general.

$A_i$  = Es el efecto del i-ésimo ambiente.

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

$B_{k(i)}$  = Es el efecto del k-ésimo bloque dentro del i-ésima repetición.

$T_l$  = Es el efecto del l-ésimo tratamiento.

$AT_{il}$  = Es el i-ésimo ambiente en interacción con el l-ésimo tratamiento.

$E_{ijkl}$  = Es el efecto del error aleatorio no controlado.

### **Coefficiente de variación**

Esto se determina cuando se desea hacer referencia a la relación entre el tamaño de la media y la variabilidad de la variable. Su fórmula expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética, mostrando una mejor interpretación.

Para los cálculos del coeficiente de variación (cv), se utilizó la siguiente fórmula:

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

Dónde:

CV = Coeficiente de variación (%).

CMEE= Cuadrado medio del error experimental.

$\bar{x}$ = Media general.

En atención a los resultados arrojados por el análisis de varianza y para hacer una óptima selección entre los materiales experimentales el procedimiento a seguir fue construir el índice de selección para los datos combinados; aplicando el modelo de AMMI y su Grafico Biplot el que permite visualizar objetivamente las variables que se correlacionan dentro de cada grupo y así elegir una variable de cada grupo, donde esta sea representativo de las otras.

### **3.6. Requisito para correr el Modelo AMMI y generar su Grafico Biplot**

Es importante que antes de correr los datos las unidades en que están medidas las variables deben de estar estandarizados ya que estos datos están en diferentes unidades de medida (días, porcentajes, centímetros y toneladas) para estandarizar estos valores se utilizó la fórmula de z que es un estimador de los valores.

$$z = \frac{Y_j - \bar{y}}{S}$$

Dónde:

z= valor estandarizado.

$Y_j$ = valor observado.

$\bar{Y}$  = promedio.

S= desviación estándar de la variable de la variable en cuestión.

Una vez estandarizados los valores de las 13 variables estos se acomodaron en una tabla de contingencia donde los genotipos representan las filas y las variables representan las columnas y de esta manera se corrió el modelo AMMI para generar el Gráfico Biplot, para la visualización de las agrupaciones naturales es necesario las 13 variables; para poder seleccionar por grupo una variable que represente a las demás, las variables evaluadas son: Días a floración macho, (FM), días a floración hembra (FH), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), acame de raíz (AR), acame de tallo (AT), mala cobertura (MCOB), plantas con Fusarium spp., (PF), calificación de planta (CP), calificación de mazorca (CM), rendimiento de grano (REN), peso hectolitrico (PH) humedad (HUM) utilizando la siguiente fórmula del modelo AMMI:

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

Dónde:

$Y_{ij}$ = Comportamiento del i-ésimo genotipo en la j-ésima variable.

$\mu$ = Media general.

$g_i$ = Efecto del i-ésimo genotipo.

P= Número de ejes de componentes principales considerados en el modelo AMMI que van desde que  $k=1$ .

$\lambda_k$ = Raíz cuadrada del vector característico del k-ésimo eje del ACP.  $\alpha_{jk}$  calificación del ACP para el k-ésimo eje del i-ésimo genotipo.

$\alpha_{ij}$ = calificación del ACP para el k-ésimo eje del i-ésimo genotipo.

$\gamma_{jk}$  = Calificación del ACP para el k-ésimo eje de la j-ésima variable.

$\varepsilon_{ij}$  = Error aleatorio de i-ésimo genotipo en la j-ésima variable.

### 3.7. Índice de selección (IS)

De acuerdo con los datos obtenidos del Gráfico Biplot se seleccionaron las variables con base a su representatividad, los cuales los conforman una variable por cada agrupamiento.

Se realizaron dos gráficas para los dos análisis de varianza combinado, donde las variables seleccionadas son diferentes para cada experimento.

Para el análisis combinado del primer experimento, se seleccionaron las variables (HUM) (FUS) (PH) (CP) es importante mencionar que estas variables influyen para características como buen rendimiento que mantenga sanidad y buen porte de planta.

Para el análisis combinado del segundo experimento, se seleccionaron las variables (FUS) (AR) (CP) (PH) para estas características se desea que la planta mantenga sanidad, que no se acame, de buen peso y muy buen porte de planta.

Con la ayuda de estas variables se procedió a integrarlas en un índice de selección para identificar los materiales más sobresalientes y que contengan buena información agronómica ayudando a evaluar la eficiencia relativa de los índices estimados para la producción.

Para construir los índices fue necesario la metodología propuesta por Barreto *et al.* (1991), la estimación se realizó para cada una de las repeticiones, para estimar el índice se utilizó la siguiente formula:

$$IS = \{[(Y_j - M_j)^2 \cdot I_j] + [(Y_i - M_i)^2 \cdot I_i] + \dots + [(Y_n - M_n)^2 \cdot I_n]\}^{1/2}$$

Dónde:

IS = índice de selección.

$Y_j \dots n$  = variable en unidades Z.

$M_j \dots n$  = meta de selección.

$I_j \dots n$  = intensidad de selección.

**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, valores positivos son 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.

**La intensidad de selección** es el grado de importancia que se le asigna a cada una de las variables a ser utilizadas en la selección y toma valores de 0 a 10, este valor es diferente para cada una de las variables según el criterio del investigador. El valor de intensidad más pequeño (0) es asignado a la variable de menor interés y el valor más alto (10) representa la variable de mayor importancia.

Los resultados obtenidos del índice se utilizaron como variable de respuesta en un análisis de varianza, también se utilizó la prueba de rango múltiple Tukey ( $p < 0.05$ ), los individuos seleccionados fueron los que tuvieron el índice más bajo, dado que son las distancias más cercanas a la meta deseada

y que son los individuos deseables con genotipos superiores que se buscan para una buena producción.

### **3.8. Estimación de aptitud combinatoria general (ACG)**

En este trabajo de investigación se estimó ACG para las variables rendimiento (REND) y calificación de planta (CP) de las 64 líneas involucradas; donde solo se consideraron los que se cruzaron con dos o más progenitores diferentes.

#### **Criterio de selección**

Para la identificación y selección de los mejores híbridos se empleó el método de índice de selección mediante el modelo AMMI y su Grafico Biplot donde de las trece variables evaluadas solo cuatro variables de mejor interés fueron seleccionadas ya que están correlacionadas con otras de su mismo grupo, con ellas se construyó el índice de selección. Los genotipos seleccionados son los que muestran un IS con valor cercano a cero por ser los que más se acercan a los genotipos deseados, de lo contrario será difícil encontrar los genotipos con los criterios requeridos en la selección.

Para seleccionar las mejores líneas se deben de tomar las que tengan un alto valor de ACG para el atributo de rendimiento y calificación de planta y solamente aquellas que estén cruzadas con dos o más probadores.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se resumirán los resultados estadísticos que se obtuvieron de los análisis de varianza para cada experimento. Los análisis de varianza se realizaron con el fin de cumplir con el primero de los objetivos planteados en esta investigación y rechazar o no rechazar la hipótesis planteada.

En el Cuadro 4.1 se muestran los cuadrados medios del análisis individual para 13 caracteres evaluados, también se incluyen los niveles de significancia de los valores de F, los cuales se refieren a la probabilidad de 0.01 altamente significativo (\*\*) que se ajusta al 99 por ciento y 0.05 significativo (\*) que se ajusta al 95 por ciento indicando las diferencias que existen en los elementos que componen la fuente de variación.

### **4.1. Análisis de varianza individual para los 47 híbridos y tres testigos evaluados en terreno del Bajío de la UAAAN.**

Con relación al Cuadro 4.1 la fuente variación repeticiones presentó diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ) en las variables de CP, CM y REND, lo que significa que las repeticiones fueron diferentes para esas variables, ya que permitió detectar diferencias y por ende su efecto no se acumuló en el error, es decir, las repeticiones fueron efectivas para estas variables. El resto de las variables no presentaron significancia, lo que se deduce que las repeticiones tuvieron un comportamiento promedio estadísticamente similar.

**Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza individual para 13 variables del ensayo de rendimiento para los primeros 47 híbridos experimentales y tres testigos evaluados en terreno del Bajío de la UAAAN 2017.**

F.V.	G.I.	FM	FH	AP	AM	AR	AT	MCOB	FUS	CP	CM	REND	PH	HUM
	(d)	(d)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(1-9)	(1-9)	(t ha <sup>-1</sup> ) <sup>1)</sup>	(vol.)	(%)
REP	1	2.56	0.25	146.41	34.81	0.01	0.64	18.49	10.24	14.44	** 12.96**	60.41	** 87.24	5.53
BLOQ(REP)	8	10.34 *	10.41	202.82	106.95	3.80	21.07 **	90.65	238.55 *	1.59 *	1.59	8.43	53.92	5.65
HÍBRIDOS	49	15.87 **	13.82 **	335.30 *	301.02 *	4.24	13.77 *	135.42 **	196.77 *	2.11 **	2.92 **	24.21 **	67.15	10.11 **
ERROR	41	4.31	5.56	202.67	109.15	5.15	6.78	56.17	104.89	0.68	0.76	6.35	64.92	4.59
TOTAL	99													
C.V.		2.59	2.86	6.65	9.21	254.96	213.38	65.00	113.54	17.84	23.22	23.13	10.88	12.95
MEDIA		80.28	82.45	213.93	113.45	0.89	1.22	11.53	9.02	4.62	3.76	10.90	74.06	16.54
MÁXIMO		94.00	91.00	236.00	141.00	6.50	15.00	33.00	44.50	7.00	6.0	17.30	79.60	22.7
MÍNIMO		75.00	76.50	180.00	90.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	1.0	1.40	37.60	12.1
E.E.		1.58	1.79	10.84	7.95	1.72	1.98	5.7	7.79	0.62	0.66	1.91	2.22	1.36

\*,\*\* = Significativo al ( $P \leq 0.05$  y al  $P \leq 0.01$ ) de probabilidad respectivamente; F.V.= Fuentes de variación; REP.= repeticiones; BLOQ(REP)=repeticiones dentro de bloques; C.V.= coeficiente de variación; E.E. =error estándar; G.I.= grados de libertad para el análisis de varianza; FM= días de floración macho; FH= días de floración hembra; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; AR= acame de raíz; AT= acame de tallo; MCOB= mala cobertura de mazorca; FUS= plantas con fusarium; CP= calificación de plana; CM= calificación de mazorca; REND= rendimiento en mazorca t ha<sup>-1</sup> al 15% de humedad; PH= peso hectolítrico; HUM= humedad.

Para la fuente de bloques dentro de repeticiones se encontraron diferencias significativas al ( $P \leq 0.05$ ) para las variables FM, FUS y CP lo cual indica que los bloques dentro de las repeticiones fueron diferentes para las variables mencionadas. Para acame de tallo resultó ser ( $P \leq 0.01$ ) esto indica que existe al menos un bloque diferente a los demás.

En la fuente de híbridos hay diferencias altamente significativas para las variables de floración macho y hembra, cobertura de mazorca, calificación de planta, calificación de mazorca, rendimiento y humedad. Se determinó significancia para altura de planta y mazorca, acame de tallo y fusarium. Todos estos resultados indican que se rechaza la hipótesis nula de que los híbridos son estadísticamente iguales. Estas diferencias determinan que al menos uno o más híbridos son muy diferentes al resto en cada variable estudiada, lo que permitirá hacer posible la selección de híbridos superiores atendiendo simultáneamente varias características.

De una manera breve se comenta que el coeficiente de variación la media y los valores extremos de cada variable se discutirán en los análisis de varianza combinado, si al lector le intriga sobre esta información.

#### **4.2. Análisis de varianza individual para los 47 híbridos y tres testigos evaluados en el campo directo del Instituto mexicano del maíz de la UAAAN.**

Con relación al Cuadro 4.2 para la fuente de variación repeticiones se encontraron diferencias altamente significativas para las características MCOB y REND, y significativa para la característica de FUS.

**Cuadro 4.2. Cuadrados medios del análisis de varianza individual para 13 variables del ensayo de rendimiento de 47 híbridos experimentales y tres testigos evaluados en el campo directo del Instituto mexicano del maíz de la UAAAN 2017.**

F.V.	G.I.	FM (d)	FH (d)	AP (cm)	AM (cm)	AR (%)	AT (%)	MCOB (%)	FUS (%)	CP (1-9)	CM (1-9)	REND (t ha <sup>-1</sup> )	PH (vol.)	HUM (%)
REP	1	2.56	0.25	289.00	110.25	0.00	0.36	1204.09 **	295.84 *	0.01	0.04	87.47 **	4.97	162.30
BLOQ(REP)	8	7.65	7.12	1105.79 **	542.2 **	14.54	2.37	287.08	52.11	4.66 **	2.33	12.73	2.28	284.57
HÍBRIDOS	49	19.23 **	15.94 **	713.83 **	495.67 **	8.19	8.19 **	211.73	76.53 *	3.60 **	3.46 **	23.55 **	13.40 **	263.30
ERROR	41	4.83	6.20	269.94	108.42	8.41	2.41	144.02	45.79	1.08	1.42	6.83	5.50	337.82
TOTAL	99													
C.V.		2.74	3.02	7.23	7.72	329.48	250.19	105.73	127.19	21.69	27.73	22.77	3.14	78.16
MEDIA		80.28	82.45	227.06	134.77	0.88	0.62	11.35	5.32	4.79	4.30	11.47	74.68	19.73
MÀXIMO		94.00	91.00	259.50	165.50	8.50	13.50	43.00	40.00	8.00	7.00	21.32	79.60	98.45
MÌNIMO		75.00	76.50	122.50	93.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.09	66.80	15.10
E.E.		1.68	1.9	12.55	7.95	2.21	1.18	9.17	5.17	0.79	0.91	1.99	1.79	11.78

\*,\*\* = Significativo al ( $P \leq 0.05$  y al  $P \leq 0.01$ ) de probabilidad respectivamente; F.V.= Fuentes de variación; REP.= repeticiones; BLOQ(REP)=repeticiones dentro de bloques; C.V.= coeficiente de variación; E.E. =error estándar; G.I.= grados de libertad para el análisis de varianza; FM= días de floración macho; FH= días de floración hembra; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; AR= acame de raíz; AT= acame de tallo; MCOB= mala cobertura de mazorca; FUS= plantas con fusarium; CP= calificación de plana; CM= calificación de mazorca; REND= rendimiento en mazorca t ha<sup>-1</sup> al 15% de humedad; PH= peso hectolítrico; HUM= humedad.

Esto se refiere a que las características se identificaron con diferente comportamiento promedio y para las otras características no se detectó significancia lo que indica que el efecto de repeticiones es muy bajo y que las repeticiones se comportaron de igual forma.

De acuerdo a la fuente de variación bloques dentro de repeticiones AP, AM y CP estadísticamente muestran diferencias significativas al ( $P \leq 0.01$ ) esto demuestra que los bloques fueron estadísticamente diferentes en cada una de las repeticiones y que el efecto de esta fuente no se vio acumulado en el error para ello se dice que el diseño fue efectivo.

Para la fuente de variación híbridos FM, FH, AP, AM, AT, CP, CM, REN y PH el grado de diferencias significativas se refleja al ( $p \leq 0.01$ ) mientras que para la variable FS la diferencia fue solamente significativa; observando los datos de cada variable se nota gran diversidad que muestran los híbridos en su comportamiento para cada variable, lo que se puede reflejar en los valores máximos y mínimas, además indica que en cada una de las variables hay híbridos sobresalientes.

De una manera comparativa es claro que existe un comportamiento similar en los híbridos para las variables estudiadas en los dos ambientes estudiados, sin embargo, esto se discutirá más a fondo y con propiedad en los análisis combinados.

#### **4.3. Análisis de varianza individual de los híbridos experimentales 48 al 94 y tres testigos evaluados en el terreno del Bajío de la UAAAN.**

Atendiendo al Cuadro 4.3 en la fuente de variación repeticiones las variables FM, FH, FS, y PH las repeticiones mostraron diferencias altamente significativas mientras que para las variables MC y HUM mostraron diferencias solamente lo que significa que las repeticiones en esas variables son estadísticamente diferentes es decir una repetición fue superior.

Para la fuente de variación bloque dentro de repeticiones las variables FM, REND y HUM el nivel de significancia fue de ( $p \leq 0.01$ ) y para las variables FH, AM, AT las diferencias de bloques dentro de repeticiones resulto ser significativa ( $p \leq 0.05$ ). Esto indica que los bloques son diferentes en las repeticiones por ende se determina que el diseño utilizado es adecuado para el análisis de estas variables.

Para híbridos las variables FM, FH, AM, CM, PH y HUM la diferencia fue altamente significativa mientras que para las variables AR y REND resultaron significativas, con esto podemos decir que al menos uno de estos materiales evaluados es diferente a los demás para estas variables y claro la selección será más adecuado si se hace considerando simultáneamente varias características; esta variación se corrobora al observar los rangos entre los valores máximos y mínimos de cada variable concentradas en la parte inferior de este mismo cuadro.

**Cuadro 4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza individual para 13 variables del ensayo de rendimiento de los híbridos experimentales 48 al 94 y tres testigos evaluados en el terreno del Bajío de la UAAAN 2017.**

F.V	G.I.	FM (d)	FH (d)	AP (cm)	AM (cm)	AR (%)	AT (%)	MCOB (%)	FUS (%)	CP (1-9)	CM (1-9)	REND (tha <sup>-1</sup> )	PH (vol.)	HUM (%)
REP	1	112.36 **	84.64 **	18604.96	590.49	0.00	16.81	457.96 *	1260.25 **	1.96	1.21	11.18	46.24 **	10.69 *
BLOQ(REP)	8	16.46 **	9.17 *	9224.84	644.91 *	4.43	15.17 *	66.97	195.60	3.39	2.00	38.90 **	3.81	7.21 **
HÍBRIDOS	49	32.28 **	32.76 **	8988.48	671.67 **	4.02 *	7.40	52.34	160.25	1.95	2.92 **	20.90 *	12.63 **	5.52 **
ERROR	41	3.71	3.83	8298.30	228.89	2.43	6.23	68.54	130.28	1.85	1.23	11.29	5.70	1.57
TOTAL	99													
C.V.		2.41	2.38	40.48	14.13	288.63	233.23	295.68	76.14	42.79	28.62	32.25	3.18	7.72
MEDIA		79.82	82.22	225.04	107.09	0.54	1.07	2.80	14.99	3.18	3.87	10.42	75.20	16.23
MÀXIMO		87.00	91.00	570.50	180.50	6.50	7.50	35.00	36.50	2.50	7.00	15.92	80.05	19.30
MÌNIMO		69.00	71.00	164.00	76.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	1.50	3.81	69.30	12.40
E.E		1.47	1.49	69.62	11.56	1.19	1.9	6.32	8.72	1.03	0.84	2,56	1.82	0.95

\*,\*\* = Significativo al ( $P \leq 0.05$  y al  $P \leq 0.01$ ) de probabilidad respectivamente; F.V.= Fuentes de variación; REP.= repeticiones; BLOQ(REP)=repeticiones dentro de bloques; C.V.= coeficiente de variación; E.E. =error estándar; G.I.= grados de libertad para el análisis de varianza; FM= días de floración macho; FH= días de floración hembra; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; AR= acame de raíz; AT= acame de tallo; MCOB= mala cobertura de mazorca; FUS= plantas con fusarium; CP= calificación de plana; CM= calificación de mazorca; REND= rendimiento en mazorca t ha<sup>-1</sup> al 15% de humedad; PH= peso hectolítrico; HUM= humedad.

#### **4.4. Análisis de varianza individual para los híbridos 48 al 94 y tres testigos evaluados en el campo directo del Instituto mexicano del maíz de la UAAAN.**

Con relación al Cuadro 4.4 en la fuente de variación repeticiones las variables FM, FH, CM y REND tuvieron un nivel de significancia al ( $p \leq 0.01$ ) y para la variable AT resulto ser significativa al ( $p \leq 0.05$ ). Lo cual demuestra que existe diferencia entre repeticiones indicando que una de las repeticiones de acuerdo a las variables mencionadas logro tener promedios diferentes al otro.

Para la fuente de bloques dentro de repeticiones no presento diferencias significativas en ninguna de las variables, esto indica que los bloques no tuvieron diferencias dentro de las repeticiones el cual los datos son estadísticamente iguales.

Para la fuente de variación híbridos mostraron diferencias altamente significativas para las variables FM, FH, AP, AM, CM, REND, MCOB y HUM mientras que para las variables PH, CP, AT, FUS y AR no hubo diferencias, con base a las variables que presentaron significancia indican que al menos un híbrido es diferente a los demás para estas variables y con ello se puede hacer selección; esta variación se corrobora al observar los rangos entre los valores máximos y mínimos de cada variable concentradas en la parte inferior de este mismo cuadro.

**Cuadro 4.4. Cuadrados medios del análisis de varianza individual para 13 variables del ensayo de rendimiento de los híbridos experimentales 48 al 94 y tres testigos evaluados en el campo directo del Instituto mexicano del maíz de la UAAAN 2017.**

VARIABLES	G.I	FM	FH	AP	AM	AR	AT	MCOB	FUS	CP	CM	REND	PH	HUM
		(d)	(d)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(1-9)	(1-9)	(tha <sup>-1</sup> )	(vol.)	(%)
REP	1	112.36 **	86.49 **	1332.25 *	342.25	161.29	275.56	47.61	331.24	0.36	16 **	132.63 **	47.47	4.67
BLOQ(REP)	8	6.15	3.59	344.89	250.39	106.02	131.57	162.19	90.7	1.02	1.16	8.93	47.56	5.07
HIBRIDOS	49	31.88 **	32.01 **	961.07 **	650.42 **	121.94	136.21	291.49 **	140.43	2.31	2.89 **	26.17 **	68.14	7.93 **
ERROR	41	5.72	4.86	321.93	118.03	128.54	109.95	87.35	87.98	1.4	0.92	6.69	60.28	3.74
TOTAL	99													
C.V.		3	2.68	8.34	9.69	279.94	382.69	95.08	102.18	23.3	25.78	24.06	10.43	12.08
MEDIA		79.82	82.21	215.25	112.07	4.05	2.74	9.83	9.18	5.08	3.72	10.75	74.43	16.01
MÀXIMO		87	91	255	154	50	52	62.5	41.5	7	5.5	17.03	78.75	19.35
MÌNIMO		69	71	140.5	63.5	0	0	0	0	1.5	1	0.87	37	7.55
E.E.		1.82	1.67	13.66	8.27	8.6	7.98	7.11	7.14	0.9	0.73	1.97	5.91	1.47

\*,\*\* = Significativo al (P≤ 0.05 y al P≤ 0.01) de probabilidad respectivamente; F.V.= Fuentes de variación; REP.= repeticiones; BLOQ(REP)=repeticiones dentro de bloques; C.V.= coeficiente de variación; E.E. =error estándar; G.I.= grados de libertad para el análisis de varianza; FM= días de floración macho; FH= días de floración hembra; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; AR= acame de raíz; AT= acame de tallo; MCOB= mala cobertura de mazorca; FUS= plantas con fusarium; CP= calificación de plana; CM= calificación de mazorca; REND= rendimiento en mazorca t ha<sup>-1</sup> al 15% de humedad; PH= peso hectolítrico; HUM= humedad.

#### **4.5. Análisis de varianza combinado para los primeros 47 híbridos y tres testigos evaluados en dos ambientes dentro de la UAAAN.**

Con relación al Cuadro 4.5 en el análisis combinado de los dos ensayos de los primeros 47 híbridos simples experimentales la fuente de variación ambiente detectó diferencias altamente significativas en las variables AP, AM, FUS y CM y significativa para la variable AT lo cual indican que existen diferencias entre ambientes para estas variables mencionadas, esto se debe a las diferentes formas de manejo agronómico y características edáficas del mismo, es importante mencionar que donde no hubo variación puede ser atribuido a la cercanía en distancia entre los dos ambientes de evaluación.

La fuente de variación repeticiones dentro de ambientes mostró diferencias altamente significativas para las variables de MCOB, CP, CM y REND esto indica que existen diferencias entre repeticiones dentro de ambientes y que por lo menos una repetición es mejor que la otra en los ambientes de evaluación. Para esto se puede mencionar que el diseño estadístico es adecuado por detectar las diferencias ocasionadas por el efecto del ambiente en que se evaluaron estos materiales.

En fuente de variación bloques dentro de ambientes por repeticiones el nivel de significancia se presentó al ( $p \leq 0.01$ ) para las variables AP AM, AT y CP mientras que para las variables FM, MCOB, CM y FUS fue con un nivel de significancia al ( $p \leq 0.05$ ). Esto indica que estadísticamente los bloques fueron diferentes en los ambientes y en las repeticiones.

En la fuente de variación híbridos existen diferencias altamente significativas para las variables de FM, FH, AM, AT, MCOB, FUS, CP, CM y REND mientras que para la variable AP es significativa, esto indica que al menos un híbrido es diferente a los demás y que existe variabilidad en las variables evaluadas por lo tanto se pueden seleccionar genotipos superiores.

**Cuadro 4.5. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para 13 variables del ensayo de rendimiento de los primeros 47 híbridos y tres testigos evaluados en dos ambientes dentro de la UAAAN 2017.**

F.V.	G.I.	FM	FH	AP	AM	AR	AT	MCOB	FUS	CP	CM	REND	PH	HUM
		(d)	(d)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(1-9)	(1-9)	(t ha <sup>1</sup> )	(vol.)	(%)
AMB	1	0.00	0.00	8619.84 **	22727.12 **	0.01	18.00 *	1.62	684.50 **	1.45	14.58 **	17.02	0.89	466.37
REP(AMB)	2	2.56	0.25	217.70	72.53	0.01	0.50	611.29 **	153.04	7.23 **	6.50 **	73.94 **	4.08	87.33
BLK(AMB,REP)	16	8.99 *	8.77	654.30 **	324.58 **	9.17	11.72 **	188.86 *	145.33 *	3.12 **	1.96 *	10.58	2.11	144.03
HIB	49	33.12 **	28.15 **	644.72 *	625.09 **	6.19	10.23 **	259.88 **	140.73 **	4.49 **	5.18 **	38.18 **	9.81	154.17
AMB* HIB	49	1.04	1.02	360.92	152.25	5.74	11.78 **	87.38	129.74 *	1.25	1.12	8.97	15.43 **	119.51
ERROR	82	4.57	5.88	823.01	325.79	6.78	4.59	100.09	75.34	0.88	1.09	6.59	6.91	123.37
TOTAL	199													
C.V.( %)		2.66	2.94	6.97	8.40	294.17	232.91	87.45	121.06	19.93	25.93	22.95	3.52	60.91
MEDIA		80.28	82.45	220.49	124.11	0.89	0.92	11.44	7.17	4.71	4.03	11.18	74.75	18.23
MÀXIMO		94.00	96.00	239.25	153.25	4.25	7.50	36.00	23.50	7.00	6.25	18.20	78.07	20.98
MÌNIMO		75.00	76.50	180.50	92.75	0.00	0.00	3.00	0.00	2.00	1.00	2.40	69.70	15.35

\*,\*\* = Significativo al (P≤ 0.05 y al P≤ 0.01) de probabilidad respectivamente; F.V.= Fuentes de variación; REP.= repeticiones; BLOQ(REP)=repeticiones dentro de bloques; C.V.= coeficiente de variación; E.E. =error estándar; G.I.= grados de libertad para el análisis de varianza; FM= días de floración macho; FH= días de floración hembra; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; AR= acame de raíz; AT= acame de tallo; MCOB= mala cobertura de mazorca; FUS= plantas con fusarium; CP= calificación de plana; CM= calificación de mazorca; REND= rendimiento en mazorca t ha<sup>-1</sup> al 15% de humedad; PH= peso hectolítrico; HUM= humedad.

Para la fuente de variación ambiente por híbridos se detectó diferencias altamente significativas para las variables AT y PH y significativa para la variable FUS lo cual indica que hay interacción para estas variables es decir estas cambian de comportamiento de un ambiente a otro dificultando la selección.

Para la variable FM y FH el C.V. es muy bajo, mientras que los días máximos de FM es de 94 días y 96 para FH estos materiales tardíos les sirven a los productores que siembran en regiones de buen temporal lo cual les ayuda a tener un ciclo de producción prolongado y aprovechar mayor cantidad de las lluvias para su buen desarrollo. Y los materiales con días mínimos de floración es de 75 para FM y 76 para FH esto les favorece a los productores que siembran 2 ciclos al año lo cual les permite aprovechar las tierras al máximo.

En las variables AP y AM el coeficiente de variación es bajo lo cual indica que la muestra tomada es representativa; los materiales con altura máxima (239 cm para AP y 153 AM) son de gran utilidad para los agricultores que utilizan este cultivo de doble propósito como es para producción de grano y forraje mientras que la altura mínima es de 180cm para AP y 92 cm en AM estos materiales permiten aumentar la densidad de siembra.

Para las variables AR y AT existe un máximo de 4 por ciento de AR y 7 por ciento de AT con un mínimo de 0 en estas variables el cual se dice que son materiales resistentes al acame por lo tanto es aceptable el comportamiento de los híbridos.

Para la variable MCOB el C.V es alto esto se debe a que no existe una distribución normal para la variable; presentando un 36 por ciento de MCOB como máximo y un mínimo de 3 por ciento lo cual existe un suficiente rango para hacer selección entre los materiales evaluados.

En la variable FUS el C.V. es alto por no tener una distribución normal en atención al valor del máximo y mínimo indica que se puede hacer selección hacia los más resistentes o menos susceptibles.

Para las variables CP y CM el C.V. demuestra que nos encontramos en el rango de confiabilidad del experimento, donde tiene un máximo de 7 para CP y 6.25 para CM esto es recomendable para demostrar a los agricultores que son plantas de buenas características fenotípicas y de muy buena calidad de mazorcas donde estos resultados se deben a la expresión genotípica de los materiales.

Para la variable rendimiento el C.V. resultó alto, esto se debe a la pérdida de materiales por un ataque temprano de los mapaches y mazorcas robadas sin embargo el resultado de los materiales son buenos con un máximo de 18.20tha<sup>-1</sup> compitiendo con los híbridos comerciales que se utilizaron como testigos.

En la variable PH el coeficiente de variación es bajo lo cual es confiable indicando que la muestra tomada es representativa. Por lo tanto, el PH máximo es 78.07 y 69.70 para el valor mínimo, con ello se dice que se puede seleccionar con base al mejor peso del grano.

Para la variable HUM el C.V es alto porque no tiene una distribución normal demostrando que los datos no varían mucho, donde el por ciento de humedad máxima es de 20.98 y un mínimo 15.35 por lo tanto se puede hacer selección de los materiales que contengan menor contenido de humedad para que sean más precoces.

En lo que se refiere al combinado de los híbridos experimentales 48 al 94 este se resume en el Cuadro 4.6.

**Cuadro 4.6. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para 13 variables del ensayo de rendimiento de los híbridos 48 al 94 y tres testigos evaluados en dos ambientes dentro de la UAAAN 2017**

F.V.	G.I.	FM	FH	AP	AM	AR	AT	MCOB	FUS	CP	CM	REND	PH	HUM
		(d)	(d)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(1-9)	(1-9)	(t ha <sup>1</sup> )	(vol.)	(%)
AMB	1	0.00	0.01	4792.21	1240.02 **	616.01 **	139.45	2471.05 **	1687.81 **	180.50 **	1.13	5.56	29.41	2.40
REP(AMB)	2	112.36 **	85.57 **	9968.61	466.37	80.65	146.19	252.79 *	795.75 **	1.16	8.61 **	71.91 **	46.86	7.68
BLK(AMB,REP)	16	11.31 **	6.38	4784.86	447.65 **	55.22	73.37	114.58	143.15	2.21	1.58	23.91 **	25.69	6.14 **
HIB	49	62.48 **	62.86 **	5781.43	1149.73 **	66.63	72.80	149.70 **	189.96 *	2.69 *	4.84 **	38.28 **	49.79 *	10.94 **
AMB* HIB	49	1.14	0.67	4132.06	171.14	59.01	75.77	169.63 **	100.88	1.61	0.98	38.28	30.89	2.72
ERROR	82	4.71	4.34	4310.12	173.46	65.48	58.09	77.95	109.13	1.63	1.07	8.99	32.99	2.66
TOTAL	199													
C.V.(%)		2.72	2.54	7.99	12.02	352.60	400.08	139.81	86.44	30.88	27.30	28.32	7.68	10.11
MEDIA		79.82	82.22	220.15	109.58	2.30	1.91	6.32	12.09	4.13	3.80	10.58	74.81	16.12
MÀXIMO		87.00	91.00	267.00	167.25	25.00	26.00	31.25	30.25	6.00	5.75	16.06	79.23	19.03
MÌNIMO		69.00	71.00	157.75	73.50	0.00	0.00	0.00	1.00	1.25	1.50	2.76	56.10	10.95

\*,\*\* = Significativo al ( $P \leq 0.05$  y al  $P \leq 0.01$ ) de probabilidad respectivamente; F.V.= Fuentes de variación; AMB.= ambiente; REP(AMB)=repeticiones dentro de ambiente; BLK(AMB\*REP) bloques dentro de ambiente por repeticiones HIB= híbrido, AMB\*HIB= ambiente por híbrido C.V.= coeficiente de variación; G.I.= grados de libertad para el análisis de varianza; FM= días de floración macho; FH= días de floración hembra; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; AR= acame de raíz; AT= acame de tallo; MCOB= mala cobertura de mazorca; FUS= plantas con fusarium; CP= calificación de plana; CM= calificación de mazorca; REND= rendimiento en mazorca t ha<sup>-1</sup> al 15% de humedad; PH= peso hectolítrico; HUM= humedad.

#### **4.6. Análisis de varianza combinado para los híbridos 48 al 94 y tres testigos evaluados en dos ambientes dentro de la UAAAN.**

En relación al cuadro 4.6 en la fuente de variación ambiente existen diferencias altamente significativas para las variables de AM, AR, MCOB, FUS y CP. Lo que indica que existe diferencia en ambientes, esto se debe al diferente manejo agronómico y cuidado que se dio en cada ambiente, con esta información se pudo indicar que el efecto ambiental tiene alta influencia sobre los caracteres antes mencionados. Es importante mencionar esto para saber cómo difieren los ambientes aun cuando las condiciones geográficas y climáticas son similares; Mientras que para el resto de las variables no presentaron significancia indicando que el efecto de los ambientes fue igual para esas características.

La fuente de variación repeticiones dentro de ambientes para las variables FM, FH, FUS, CM y REND presentaron significancia ( $p \leq 0.01$ ) mientras que para la variable MCOB fue significativa, esto indica que existen diferencias entre repeticiones dentro de ambiente el cual se encontraron diferencias ocasionadas por el efecto del ambiente en el que fueron evaluados estos materiales.

Para la fuente de variación bloques dentro de ambientes por repeticiones el diseño detectó diferencias altamente significativas para las características de FM, AM, REND y HUM Para ello se puede decir que hay diferencias entre bloques dentro de repeticiones y ambientes esto indica que el diseño utilizado es eficiente para demostrar que no existe similitud entre bloques, mientras que para las otras variables los bloques fueron estadísticamente iguales dentro de repeticiones y ambientes.

En fuente de variación híbridos existen diferencias altamente significativas para las variables de FM, FH, AM, MCOB, CM, REND y HUM, mientras que para las variables FUS, CP y PH son significativas. Con esto se puede mencionar que al menos uno de los híbridos es diferente a los demás en cada uno de las variables evaluadas, por lo tanto, si existe suficiente variación genética para la selección y como hay variabilidad se rechaza la hipótesis nula que indica que los híbridos son estadísticamente iguales en el comportamiento de sus variables. Esta variación se muestra al observar los valores máximos y mínimos de las variables evaluadas que se presentan en la parte inferior del Cuadro 4.6.

Para la fuente de variación ambiente por híbridos solo la variable MCOB manifestó interacción altamente significativa, eso significa que el ordenamiento de los híbridos cambia de un ambiente a otro, donde el comportamiento de las variables cambia de acuerdo al ambiente de evaluación y esto hace que la selección sea más complicada.

Para las variables FM y FH los valores de C.V son bajos lo cual indica que la toma de datos para estas variables se realizó de una forma adecuada por lo tanto el CV resultó aceptable, los días máximos de floración para la variable FM es de 87 y 91 días para FH, esto le favorece al productor que siembra en un buen temporal, así las lluvias pueden cubrir su ciclo de producción y los días mínimos para FM es de 69 y 71 para FH, estos materiales precoces resultan adecuadas o ideales para los productores y las regiones que quieran sembrar dos ciclos al año bajo un sistema de riego para la expresión positiva de los materiales.

Para las variables AP y AM el coeficiente de variación es bajo permaneciendo en el rango aceptable de confiabilidad. Sus valores máximos para AP y AM son las características que desea un productor para la producción de forraje y grano mientras que los materiales con los valores

mínimos para la variable AP es de 157.75 y 73.50 cm para AM estos materiales son para productores que desean aumentar la densidad de siembra y facilitar el manejo agronómico.

El C.V. para las variables AR, AT, MCOB y FUS son muy altos porque para estas variables no existe una distribución normal, sin embargo, estos datos siempre se toman porque son importantes al construir un índice de selección. Los materiales con valores altos para estas variables no son recomendables para los productores mientras que los materiales con valores bajos son los que buscan los mejoradores para entregar materiales sobresalientes a los productores.

En las variables CP y CM los C.V (30.88 y 27.30) a pesar de ser altos son muy útiles por que reflejan la variabilidad en las calificaciones tomadas. Desafortunadamente para los valores de CP y CM las calificaciones más altas fueron únicamente de 6 en base a 10 esto probablemente es atribuido a que los materiales no estuvieron en su mejor ambiente que requieren.

Para la variable REND el C.V. es alto esto se puede deber a la pérdida de material por ataque de mapaches y las mazorcas que fueron robadas por personas irresponsables, incompetentes e inconscientes, presentando materiales con rendimiento máximo de 10.58 tha<sup>1</sup> con ello se logra demostrar que aun presentando este problema el rendimiento no es tan bajo.

En las variables PH y HUM el C.V. es adecuado lo cual se encuentra dentro del rango de confiabilidad. Los materiales con peso hectolítrico arriba de 70 son los que le interesa al mejorador y al productor para tener mejor rendimiento y los materiales con baja humedad al momento de la cosecha son más precoces.

#### 4.7. Selección de híbridos mediante un índice de selección

El índice de selección es un buen método para identificar híbridos sobresalientes y de buen comportamiento agronómico, debido a que incluye simultáneamente todas las características deseadas, del lado contrario sería complicado seleccionar para cada una de las características de los materiales. Para tener un buen resultado en la selección se propone mantener híbridos que presenten buen potencial de rendimiento, buena sanidad, buen porte de planta y que sean precoces.

Un IS eficiente debe ser construido con un mínimo de variables (3 o 4), en este caso la elección de las variables para construir el índice de selección fue con la ayuda del agrupamiento natural que existe entre ellas, el cual fue detectado mediante el Gráfico Biplot, generado por el análisis estadístico del AMMI. Tal como colaboro Ibàñez *et al.* (2006).

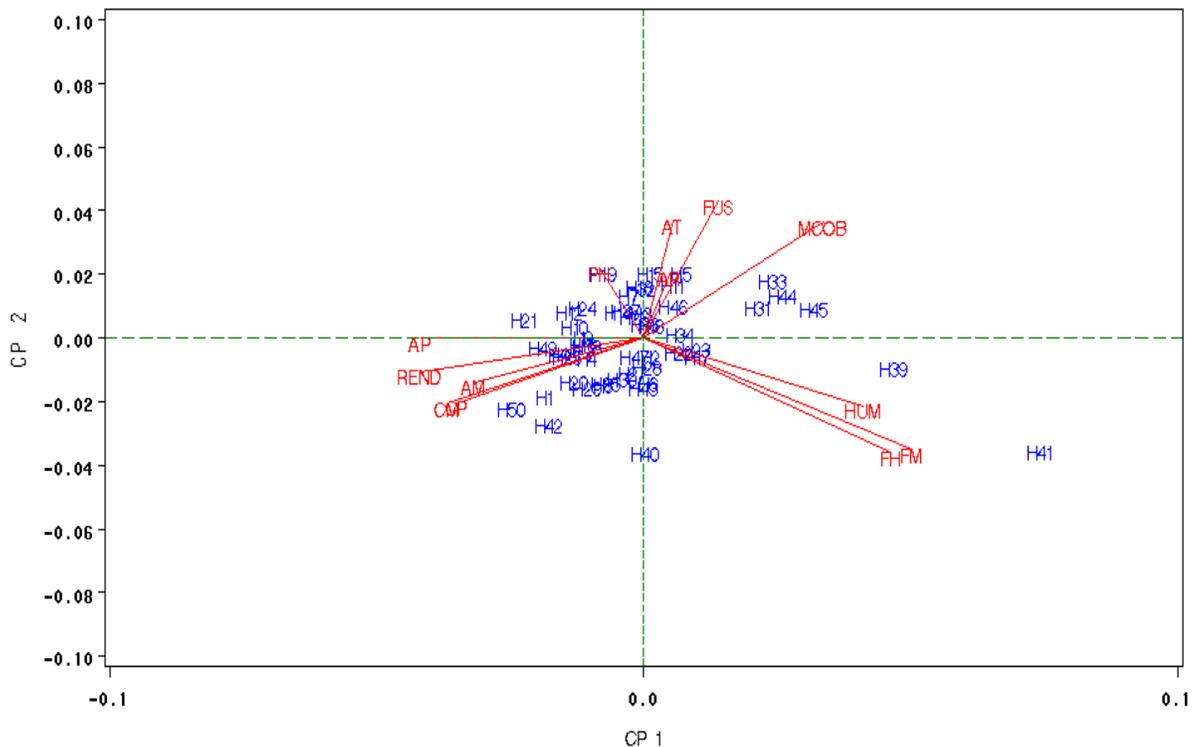
Dentro de cada agrupamiento natural se eligió la variable de gran importancia económica, agronómica, que tenga correlación con las otras y claro que esta las represente.

En la figura 4.1 corresponde al Gráfico Biplot de los primeros 47 híbridos donde se puede detectar cuatro agrupamientos entre 13 variables. Dentro del primer grupo se encuentran las variables floración macho, floración hembra y humedad; donde se seleccionó la variable humedad, porque de esto depende que tan precoz sea el híbrido a la cosecha y esta variable esta correlacionada con los anteriores.

En el segundo grupo se tiene las variables fusarium, mala cobertura, acame de raíz, acame de tallo y se seleccionó la variable fusarium por su importancia y por qué está correlacionada con las demás variables que pertenecen dentro del mismo grupo y todas son de sanidad.

Dentro del tercer grupo el modelo solo nos permitió mostrar la variable peso hectolitrico, siendo esta una buena característica para seleccionar híbridos que sean de alto peso específico o bien de una alta calidad nixtamalera para producir tortillas (bajo peso específico).

**Figura 4.1. Gráfico Biplot construido con valores estandarizados de 13 variables del ensayo de rendimiento de los 47 híbridos experimentales y tres testigos evaluadas en dos localidades de la UAAAN 2017.**



Biplot GGE= patrón de respuesta del IS para los híbridos experimentales y testigos; CP1 Y CP2= Primero y segundo componente principal; FM= días de floración macho; FH= días de floración hembra; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; AR= acame de raíz; AT= acame de tallo; MCOB= mala cobertura de mazorca; FUS= plantas con fusarium; CP= calificación de plana; CM= calificación de mazorca; REND= rendimiento en mazorca t ha<sup>-1</sup> al 15% de humedad; PH= peso hectolitrico; HUM= humedad.

En el cuarto grupo se encuentran las variables calificación de planta, calificación de mazorca, rendimiento, altura de mazorca y altura de planta, donde se seleccionó la variable calificación de planta dado que al seleccionar esta variable automáticamente conjunta características de las variables que permanecen al mismo grupo; lo clásico es tomar rendimiento, optamos por tomar esta variable por su alto impacto en el programa de mejoramiento que se está evaluando, donde se quiere plantas de buen porte y rendidoras.

La figura 4.2 corresponde al Grafico Biplot de los híbridos 48 al 94 donde en el primer grupo se encuentran las variables de fusarium y mala cobertura, se seleccionó la variable fusarium por ser una característica de suma importancia en la sanidad para el programa de mejoramiento genético.

En el segundo grupo se presentan las variables acame de raíz y acame de tallo, en este caso el que representa al grupo es la variable acame de raíz por su gran importancia en la sanidad y por la correlación que mantiene con la otra variable.

Dentro del tercer grupo se encuentran las variables calificación de planta, floración hembra, floración macho, altura de planta y altura de mazorca, para este grupo se dio prioridad a la variable calificación de planta dado que al seleccionar esta variable determinamos que tan bueno son los híbridos y fácilmente se lleva información de las otras variables que están dentro de este mismo grupo.

En el cuarto grupo se encuentran las variables peso hectolitrico, rendimiento, calificación de mazorca, y humedad. En este caso se seleccionó la variable peso hectolitrico por la correlación que tiene con las demás variables que aparecen dentro de este mismo grupo.



De acuerdo a la Figura 4.1 para la construcción del índice de selección de los primeros 47 híbridos se tomaron las variables humedad, fusarium, peso hectolitrico y calificación de planta, mientras que para los híbridos 48 al 94 se eligieron las variables fusarium, acame de raíz, calificación de planta y peso hectolitrico.

Con los valores de estas cuatro variables identificadas para cada experimento se procedió a hacer el índice de selección a través del paquete estadístico SAS para cada uno de los experimentos en el que fueron evaluados los híbridos. Es importante mencionar que para tener buen resultado en el IS se les asigno un valor de meta e intensidad a cada una de las variables ya antes mencionadas, para los 47 híbridos evaluados los valores de las intensidades fueron; HUM=7, FUS=10, PH=8 y para CP=9, estos valores fueron iguales para las cuatro repeticiones mientras que para los híbridos 48 al 94 los valores de intensidades para cada una de las variables fueron; FUS=10, AR=7, CP=8, y para PH=9 lo mismo para las cuatro repeticiones, estos valores varían por que a cada variable se le determina su meta en función a su variabilidad y potencial.

Con los IS obtenidos por repetición se realizaron los análisis de varianza y fueron agrupados con la prueba de medias Tukey ( $p \leq 0.05$ ), los híbridos seleccionados fueron los grupos inferiores de Tukey.

En los Cuadros 4.7 y 4.8 se presentan los híbridos que fueron seleccionados en cada experimento y se resumen sus propiedades.

**Cuadro 4.7. Híbridos seleccionados de los 47 híbridos evaluados en la UAAAN 2017.**

HIB	IS	FM (d)	FH (d)	AP (cm)	AM (cm)	AR (%)	AT (%)	MCOB (%)	FUS (%)	CP (1-9)	CM (1-9)	REND (t ha <sup>1</sup> )	PH (vol.)	HUM (%)
TESTIGO 50	10.942	81	82	234.75	133	0	0	3	4	7	6	18.202	74.993	18.225
TESTIGO 48	9.98	79	81	236.75	153.25	3	0	11	5	5	4	14.100	73.575	16.900
TESTIGO49	9.763	79	80	236.5	121.5	0	0	8	14	6	6	15.836	74.2	17.65
14	9.109	79	81	224.75	134.25	1	1	15	7	5	3	10.018	76.45	16.6
1	8.94	80	82	236	137.75	3	0	6	0	6	6	15.125	74.625	18.4
43	8.268	84	86	219.5	115.5	0	0	12	10	6	5	13.925	75.625	16.35
42	7.694	83	84	229	138	0	0	4	0	7	5	15.974	75.475	17.75
19	7.523	77	78	222	116.5	1	1	30	5	5	3	13.194	76.575	15.35

HIB= híbridos IS=índice de selección FM= días de floración macho; FH= días de floración hembra; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; AR= acame de raíz; AT= acame de tallo; MCOB= mala cobertura de mazorca; FUS= plantas con fusarium; CP= calificación de plana; CM= calificación de mazorca; REND= rendimiento en mazorca tha<sup>-1</sup> al 15% de humedad; PH= peso hectolítrico; HUM= humedad.

Los híbridos del Cuadro 4.7 se deben de leer de abajo hacia arriba, de acuerdo a esto; los índices más bajos son los híbridos sobresalientes.

Como resultado de la selección se muestra que el híbrido 19; (M23x351)xM23-3 X (M23x351)xM23-1 generado de la cruce por la línea 18 (m23x351)xm23-3 y el probador 5 (M23x351)xM23-1 resulto ser el mejor híbrido con base a su índice de selección 7.523, lo que indica que este genotipo contiene características de buen comportamiento agronómico, excepto la variable MCOB mostró cierto porcentaje de susceptibilidad, en cuanto a rendimiento los testigos rinden más pero suelen ser más tardíos que este.

El híbrido 42; M29 X [] generado de la cruce por la línea 35 M29 y el probador 2 [] se encuentra en el segundo lugar con un valor al mérito de IS de 7.694 al igual este se detecta que es un buen genotipo en cuanto a precocidad, rendimiento, porte de planta, donde su rendimiento es de 15.974 tha<sup>-1</sup> claro este es superior a los testigo 49 (Pioneer) y 48 (AN 447) excepto para el testigo 50 (Monsanto).

En tercer lugar se encuentra el híbrido 43; M29 X [][] proveniente de la cruce de la línea 35 M29 por el probador 9 [][] con un valor de IS 8.268 que es aceptable y reúne las características de bajo porcentaje de acame de raíz y tallo el cual es de buen gusto para el mejorador como al agricultor.

El híbrido número 1; (M22x351)xM22-3 X [][] proveniente de la cruce de la línea 1(M22x351)xM22-3 por el probador 2 [][] ocupa el cuarto lugar con base al IS donde tiene un buen rendimiento de 15.125 tha<sup>-1</sup> y son híbridos que no presentan fusarium y de buena calificación de planta.

De acuerdo al IS el híbrido 14; (M23x351)xM23-2 X (S3-21-4xM35)xM35-1-B resultado de la cruce de la línea 13 (M23x351)xM23-2 por el probador 15 (S3-21-4xM35)xM35-1-B fue el último en seleccionar, este genotipo mantiene buen comportamiento de 79 días a floración macho y 81 para floración hembra, indicando que es un híbrido precoz y de bajo porcentaje de acame de raíz y tallo.

**Cuadro 4.8. Híbridos seleccionados de los 48 a los 94 híbridos que fueron evaluados en la UAAAN. 2017.**

HIB	IS	FM (d)	FH (d)	AP (cm)	AM (cm)	AR (%)	AT (%)	MCOB (%)	FUS (%)	CP (1-9)	CM (1-9)	REND (t ha <sup>-1</sup> )	PH (vol.)	HUM (%)
TESTIGO 48	12.16	81	84	220.0	126.5	2	1	11.8	13.8	5	5	13.552	73.109	16.398
TESTIGO 49	10.02	75	77	258.5	100.4	1	1	2.5	12.2	4	4	9.872	77.595	14.410
TESTIGO 50	8.062	82	84	226.4	111.3	0	0	7.4	7.2	6	5	14.138	74.960	17.395
24	7.797	81	83	227.0	124.5	0	1	3.8	10.3	6	4	12.391	77.046	16.226
6	7.288	85	88	224.4	117.9	0	0	2.9	4.9	5	5	13.576	78.134	15.665
33	6.637	83	85	216.5	116.2	0	0	4.0	3.4	6	6	16.242	76.325	18.901
12	6.064	84	85	217.5	113.8	2	5	5.8	4.4	5	4	10.286	79.769	15.310

HIB= híbridos IS=índice de selección FM= días de floración macho; FH= días de floración hembra; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; AR= acame de raíz; AT= acame de tallo; MCOB= mala cobertura de mazorca; FUS= plantas con fusarium; CP= calificación de plana; CM= calificación de mazorca; REND= rendimiento en mazorca tha<sup>-1</sup> al 15% de humedad; PH= peso Hectolítrico; HUM=

Con base al Cuadro 4.8 Se determina que el mejor genotipo de acuerdo al IS con valor de 6.064 es el híbrido 12; M47 X (PE61x47)xM-7-1-B resultado de la cruce 49 m47 por el probador 50 (PE61x47)xM-7-1-B, éste genotipo indica buen comportamiento agronómico de acuerdo a las variables de FM, FH, AP, AM, PH, HUM y suelen ser más sanas y más precoces que los testigos.

En segundo lugar tenemos el híbrido 33; LE 4-1 X 43-46 procedente de la cruce por la línea 7 LE 4-1 y el probador 37; 43-46, donde se puede detectar que este genotipo es de características deseables, empezando por el rendimiento de 16.242 tha<sup>1</sup> el cual supero a los testigos en la mayoría de las características excepto en FM Y FH. Con esto se rechaza la hipótesis nula porque al menos existe un genotipo superior a los testigos en cuanto a rendimiento sanidad y buen porte de planta.

El híbrido número 6; M36 X M7 procedente de la cruce de la línea 45 M36 y el probador 8 M7, este híbrido es el tercer lugar con un valor al mérito de IS de 7.288, superior al testigo 48 y 49 al igual muestra buenos resultados fenotípicos y un buen rendimiento de 13.576 t ha<sup>1</sup> en comparación a los testigos, por lo tanto, se dice que este genotipo es rendidor, sano y de buen porte.

El ultimo híbrido seleccionado fue el genotipo 24; PE212 X (M13xv52)xM15-1 resultante de la cruce por la línea 55 PE212 con el probador 57 (M13xv52)xM15-1 éste presenta un valor de IS 7.797 de buenas características en cuanto a porte y sanidad, suele ser más tardío pero supero en rendimiento al testigo 49 (Pioneer).

Para complementar éstos resultados obtenidos en IS se demuestra que este método es eficiente por permitir separar genotipos con base a la evaluación simultánea de varios caracteres, lo que permitió detectar híbridos

superiores a los testigos y claro mantener estos híbridos sobresalientes para el uso de potencial y para seguir con el programa de mejoramiento genético.

#### **4.8. Selección de líneas de buena aptitud combinatoria general (ACG)**

Para tener éxito en la selección de las mejores líneas evaluadas en este experimento, se procedió a estimar ACG de las 64 líneas evaluados para las variables de rendimiento y calificación de planta, donde estas variables fueron de mejor interés para identificar adecuadamente los progenitores con capacidad para transmitir sus caracteres deseables a su descendencia y así contar con una base de germoplasma para generar nuevos programas de mejoramiento genético y poder tener éxito en la formación de híbridos.

En el Cuadro 4.9 se muestran las líneas que presentaron buena ACG para las variables rendimiento y calificación de planta. En la columna de cruzas aparecen valores entre paréntesis, estos representan la serie de veces que se cruzaron las líneas con los probadores dentro de las 4 repeticiones.

Las líneas que mejor ACG presentaron y que se hayan cruzado más de dos veces para la variable de rendimiento son:

51; (MLxM25)xM35-3 se cruzó 3 veces con muy buena ACG de 2.52302.

2; [] se cruzó 4 veces con un valor favorable de ACG de 2.35427.

45; M36 se cruzó 5 veces con una ACG de 2.32918.

5; (M23x351)x M23-1 se cruzó 2 veces con un valor de ACG 2.16965.

25; ML se cruzó 5 veces con un resultado de ACG de 1.94006. Siendo estas líneas las que aumentan el rendimiento en sus descendientes híbridos.

**Cuadro 4. 9. Líneas de buen comportamiento de ACG para las variables de rendimiento y calificación de planta.**

ACG PARA RENDIMIENTO (REND)				
OBSERVACIONES	GENEALOGÍA	LÍNEA	CRUZAS	ACG
1	(MLxM25)xM35-3	51	12 (3)	2.52302
2	[]	2	16(4)	2.35427
3	M36	45	20(5)	2.32918
4	(M23x351)xM23-1	5	8(2)	2.16965
5	351	52	16(4)	1.99256
6	ML	25	20(20)	1.94006
7	M3	23	12 (3)	1.79811
8	(MLxMM25)xML-2-B	17	12 (3)	1.7616
9	[]	9	24 (6)	1.73031
10	(M23xV524)xM23-3	10	16(4)	1.63148
11	(M23x351)xM23-3	18	12 (3)	1.54199
12	M47	49	24(6)	1.44201
13	LE 7-4	61	16(4)	1.41031
14	(M23xV524)xM23-1	3	12 (3)	1.21861
15	(M7x35)x351-1	30	16 (4)	1.08201
16	(MLxM46)xML-3	28	12 (3)	1.02881
17	M3	21	12 (3)	1.02
ACG PARA CALIFICACION DE PLANTA (CP)				
1	[]	2	16(4)	1.44814
2	(M23xV524)xM23-1	3	12 (3)	1.0523
3	(M23x351)xM23-1	5	8(2)	1.01064

Las mejores líneas seleccionadas para la variable calificación de planta fueron:

2; [] se cruzó 4 veces con un buen valor de ACG 1.44814.

3; (M23xV524)xM23-1 se cruzó 3 veces con ACG de 1.0523.

5; (M23x351)xM23-1 se cruzó 2 veces con favorable ACG de 1.01064.

Para complementar sobre las líneas seleccionadas se detecta que las líneas 2 y 5 son de muy buena ACG para estas dos variables evaluadas, numéricamente se dice que son superiores en rendimiento y porte de planta. Con estas líneas seleccionadas es posible mejorar la eficiencia de un programa de mejoramiento genético, ya que se asegura tener éxito en las combinaciones. Las otras líneas que aparecen en el Cuadro 4.9 fueron anexadas por portar el rendimiento arriba de una tonelada al valor reproductivo y por hacer una buena aportación al tipo de planta a la descendencia.

## V. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los objetivos planteados e hipótesis como los resultados de este trabajo se concluye lo siguiente:

De acuerdo a la primera hipótesis en los análisis de varianza de los híbridos combinados para 13 variables evaluadas en los ensayos de rendimiento, se detectó variabilidad en cada una de las fuentes de variación, indicando que existe diferencia entre las variables evaluadas en los híbridos experimentales y claro se puede seleccionar con grandes expectativas de éxito, con esto afirmamos que si se rechaza la hipótesis nula.

De acuerdo a la segunda hipótesis en la evaluación de estos genotipos se seleccionaron híbridos que superaron a los testigos en cuanto a su valor de índice de selección, para el ensayo de rendimiento de los primeros 47 híbridos evaluados fueron: 19; (18x5) 42; (35x2) 43; (35x9) 1; (1x2) 14; (13x5) y para los híbridos 48 al 94 fueron; 12; (49x50) 33; (7x37) 6; (45x8) 24; (55 x 57). Con estos genotipos seleccionados se rechaza la hipótesis nula, estos mismos genotipos sobresalientes son útiles para seguir un programa de mejoramiento genético.

De acuerdo a la tercera hipótesis las líneas que mostraron buena ACG para la variable de rendimiento fueron: 51, 2, 45, 5 y 25, mientras que para la variable calificación de planta fueron las líneas; 2, 3 y 5. Estas líneas fueron seleccionadas por ser de buena ACG en sus respectivas características evaluadas, en cambio las líneas 2 y 5 son de buena ACG para estas dos variables, indicando que son superiores en rendimiento y porte de planta. Ya que esto asegura tener éxito en la formación de híbridos.

## VI. LITERATURA CITADA

**Antuna-Grijalva, Rincón-Sánchez, Gutiérrez del Río, Ruiz-Torres y Bustamante-García. (2003).** Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 26 (1): 11 – 17.

**Arellano g., M.A.; J.F. Pinales Q. y F.J. Silva C. (2004).** Sistema de riego por cintilla en pequeñas superficies; estrategia para su instalación en bajo costo. SAGARPA-INIFAP-CIRNE. Campo experimental anahuac, *N.L., Mexico*. 25p.

**Asif-Masood, Khalid-Farooq, Yaqub-Mujahid and Zubair-Anwar. (2008).** Improvement in Precision of Agricultural field Experiments through Design and analysis. *Pak. j. life soc. sci.* Vol. 6(2): 89-91.

**Barreto, H. J. Bolaños, A.J. Córdova, S. H. (1991).** Programa de índices de selección, Guía para la operación de software. *CIMMYT. México, D.F.* 27 p.

**Cervantes-Ortiz, Hernández-Esparza, Rangel-Lucio, Andrio-Enríquez, Mendoza-Elos1, Rodríguez-Pérez y Guevara-Acevedo. (2016).** Aptitud combinatoria general y específica en la calidad de semilla de líneas s3 de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 39 (3): 259 – 268.

**Chura-Chuquiya y Tejada-Soraluz. (2014).** Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. Vol. 32 (1): 113-118.

**De La Cruz Larios, Ron-Parra, Ramírez-Díaz, Sánchez-González, Moisés M. Morales-Rivera, Chuela-Bonaparte, Salvador Antonio Hurtado de la Peña y Mena- Munguía. (2003).** Heterosis y aptitud combinatoria entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz en Jalisco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 26 (1): 1 – 10.

**De la Rosa-Loera, de León-Castillo, Rincón-Sánchez y Martínez Zambrano. (2006).** Efectos genéticos, heterosis y diversidad genética entre híbridos comerciales de maíz adaptados a el bajío mexicano. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 29 (3): 247 – 254.

**Di Santo H, Castillo E, Ferreira A, Grassi E, Ferreira V. (2012).** La aptitud combinatoria específica en el maíz (*Zea mays* L. ssp. *mays*) para doble propósito en río cuarto, córdoba, argentina. *Journal of Basic & Applied Genetics*. Vol. 23 (1): Issue 2.

**Escorcia-Gutiérrez, José D. Molina-Galán, Castillo-González y Mejía-Contreras. (2010).** Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruza simples de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 33 (3): 271 – 279.

**Fidel Márquez-Sánchez. (2009).** De las variedades criollas de maíz a los híbridos transgénicos. ii: la hibridación. *Sociedad y Desarrollo*, Vol. 6 (2): 161-176.

**García-Zavala, Molina-Galán y López-Reynoso. (2002).** La selección masal como método para obtener líneas de alta aptitud combinatoria específica en maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 25 (3): 299 – 304.

**Graciela-Nestares, Edith-Frutos y Guillermo-Eyherabide. (1999).** Evaluación de líneas de maíz Flint colorado por aptitud combinatoria *Pesq. Agropec. bras., Brasília*, Vol. 34 (8), p. 1399-1406.

**Guevara-Escobar, Aurelio; Barcenas-Huante, Gabriela; Salazar-Martínez, Francisco R.; González-Sosa, Enrique; Suzán-Azpiri, Humberto (2005).** Alta Densidad de Siembra en la Producción de Maíz con Irrigación por Goteo Subsuperficial. *Agrociencia*, Vol. 39 (1): 431-439.

**Ibáñez M. A., Cavanagh M. M., Bonamico N. C., & Di Renzo M. A. (2006).** Análisis gráfico mediante Biplot del comportamiento de híbridos de maíz. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, Vol. 35 (3): 83-93.

**Inzunza- Ibarra, Mendoza-Moreno, Catalán-Valencia, Villa-Castorena, Sánchez-Cohen y López (2007).** Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 30 (4): 429 – 436.

**J. Alberto García-Salazar y Rocío Ramírez-Jaspeado. (2014).** El mercado de la semilla mejorada de maíz (*zea mays* L.) en México. Un análisis del saldo comercial por entidad federativa. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 37 (1), 69 – 77.

**J. I. Ruiz de Galarreta y A. Álvarez. (2010).** Breeding potential of early-maturing flint maize germplasm adapted to temperate conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*. Vol. 8 (1): 74-81.

**Ledesma-Miramontes, Ramírez-Díaz, Vidal-Martínez, Pena-Ramos, Ruiz-Corral, Salinas-Moreno, y Preciado-Ortiz, (2015).** Propuesta para integrar un patrón heterótico de maíz de grano amarillo para la zona de transición de México. ii. evaluación de mestizos y cruas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 38 (2): 133 – 143.

**Lozano-Ramírez, Santacruz-Varela, Félix Sarcía, Crossa, Juan Burgueño y José D. Molina-Galán. (2015).** Modelación de la interacción genotipo x ambiente en rendimiento de híbridos de maíz blanco en ambientes múltiples. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 38 (4), 337 – 347.

**M. Kashifa, M. I. Khanb, M. Arifb, M. Anwer, and M. Ijazc (2011).** Efficiency of Alpha Lattice Design in Rice Field Trials in Pakistan. *J. Sci. Res.* Vol. 3 (1), 91-95.

**M. Mendoza, A. Oyervides, Rodríguez-Sergio. (2000).** Efecto de dos probadores en la selección de líneas de maíz tropical. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 23(1), pp. 79-86.

**Méndez-Montealvo, Solorza-Feria, Velázquez-del Valle, Gómez-Montiel, Paredes-López, Bello-Pérez, Luis A., (2005).** Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. *Agrociencia*, Vol. 39 (1); 267-274.

**Mendoza, Mariano, Oyervides, Arnoldo, Rodríguez, Sergio Alfredo. (2000).** Efecto de dos probadores en la selección de líneas de maíz tropical *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 23 (1): pp. 79-86.

- Moreno-Pérez, Lewis-Beck, Cervantes-Santana y Torres-Flores. (2002).** Aptitud combinatoria de líneas de maíz de valles altos en suelos con alto y bajo contenido de nitrógeno. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 25 (3): 253 – 259.
- Oyervides, Arnoldo, Rodríguez, Sergio Alfredo, Mendoza, Mariano. (2000).** Efecto de dos probadores en la selección de líneas de maíz tropical. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 79-86.
- Ramírez-Díaz, Chuela-Bonaparte, Vidal-Martínez, Ron-Parra y Caballero-Hernández. (2007).** Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 30 (4): 453 – 461.
- Ramírez-Díaz, Ledesma-Miramontes, Vidal-Martínez, Gómez-Montiel, Ruiz-Corral, Velázquez-Cárdelas, Ron-Parra, Salinas-Moreno y Nájera-Calvo. (2015).** Selección de maíces nativos como donadores de características agronómicas útiles en híbridos comerciales. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 38 (2): 119 – 131.
- Rojas Martínez, Basilio A. (2006).** The expanded family of lattices. *Agrociencia*. septiembre-octubre, Colegio de Postgraduados Texcoco, México. Vol. 40, (5): 627-640.
- Salazar-Sosa, Trejo-Escareño, Vázquez-Vázquez, López-Martínez. (2007).** Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. *Revista Internacional de botánica experimental*. Vol. 76: 169-185.

**Sámano-Garduño, Rincón-Sánchez, Ruiz-Torres, Espinoza Velázquez y de León Castillo. (2009).** Efectos genéticos en cruzas directas y reciprocas formadas a partir de líneas de dos grupos germoplasmicos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 32 (1), 67-74.

**Sánchez-Ramírez, Mendoza-Castillo y Mendoza-Mendoza. (2016).** Estabilidad fenotípica de cruzas simples e híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.) *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 39 (3): 269 – 275.

**Sierra, Márquez, Valdivia, Cano, Rodríguez. (2000).** Aptitud combinatoria general y específica de líneas tropicales de maíz usando probadores 1. *Agronomía mesoamericana* Vol. 11(1): 103-112.

**Tadeo-Robledo, Espinosa-Calderón, Trejo-Pastor, Arteaga-Escamilla, Canales-Islas, Turrent- Fernández, Sierra- Macías, Valdivia-Bernal, Gómez-Montiel, Palafox-Caballero y Zamudio-González. (2013).** Eliminación de espiga y hojas en progenitores androestériles y fértiles de los híbridos trilineales de maíz ‘h-47’ y ‘h-49’. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 36 (3): 245 - 250.

**Vergara-Avila, Narciso; Rodríguez-Herrera, Sergio A.; Córdova-Orellana, Hugo S. (2005).** Aptitud combinatoria general y específica de líneas de maíz (*Zea mays*) tropical y subtropical *Agronomía Mesoamericana*, Vol. 16, (2), 137-143.

**Virgen-Vargas, Zepeda-Bautista, Rosalba, Ávila-Perches, Rojas-Martínez, Espinosa-Calderón, Gámez-Vázquez, A. Josué. (2016).** Desespigamiento en cruzas simples progenitoras de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para valles altos de México. *Agrociencia*, 50.

**Yau, S.K. 1997.** Efficiency of alpha-lattice designs in international variety yield trials of barley and wheat. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 128: 5–9.

## VII. APÉNDICE

**Cuadro A1. Aptitud combinatoria general para la variable rendimiento de 64 líneas evaluadas.**

OBS	GENEALOGÍA	LÍNEA	CRUZAS	ACG.REND
1	(M22x351)xM22-3	1	4	4.42433
2	232-10-11	47	4	3.93093
3	(M7x35)x351-3	60	4	3.37618
4	(MLxM25)xM35-3	51	12	2.52302
5	[]	2	16	2.35427
6	M36	45	20	2.32918
7	(M23x351)xM23-1	5	8	2.16965
8	351	52	16	1.99256
9	(M13xv52)xM15-1	57	4	1.94493
10	ML	25	20	1.94006
11	[] [] []	53	4	1.82443
12	(M7x351)xM29-2	54	4	1.81793
13	M3	23	12	1.79811
14	(MLxMM25)xML-2-B	17	12	1.7616
15	[] []	9	24	1.73031
16	(M23xV524)xM23-3	10	16	1.63148
17	(M23x351)xM23-3	18	12	1.54199
18	M47	49	23	1.44201
19	LE 7-4	61	16	1.41031
20	(M23xV524)xM23-1	3	12	1.21861
21	(232Rx2)xM23-2	59	4	1.18668
22	(M7x35)x351-1	30	16	1.08201
23	(MLxM46)xML-3	28	12	1.02881
24	M3	21	12	1.02
25	(M7x35)x351-2	4	8	0.85604
26	ML	12	12	0.64058
27	(PE61x47)xM-7-1-B	50	4	0.51818
28	M13	29	12	0.35766
29	(M13xCAFIME)xM3-2	41	4	0.34181
30	(M13xv52)xM15-3	19	12	0.11331
31	(M13xCAFIME)xM3-1	40	4	0.05205
32	(E174xE94)xM422xM42-3-B	32	4	-0.11238
33	M23	31	28	-0.16031
34	LP x PV) – 11	24	24	-0.2222

Seguimiento del Cuadro A1.

35	S3-21-4xM42)xM42-2-B	16	4	-0.24807
36	M6	26	12	-0.33073
37	(M23x351)xM23-2	13	16	-0.35932
38	(M23xV524)xM23-2	6	16	-0.57263
39	(MLxM46)xML-3	11	12	-0.63568
40	(S3-21-4xM35)xM35-1-B	15	4	-0.68256
41	(S3x28xM42)xM42-3-B	27	4	-0.69776
42	(S3-21-4XM3)xM3-1-B	14	8	-0.84778
43	C2	58	8	-0.98769
44	(MLxM46)xML-3	22	12	-0.99771
45	(M13xLínea C)xC-3	20	12	-1.46953
46	M7	8	12	-1.48008
47	M42	48	16	-1.59925
48	M35	38	24	-1.60742
49	(M15xV524)xM29-2	56	4	-2.07407
50	(M47x232)xM47-3-B	64	8	-2.71907
51	PE212	55	16	-3.07775
52	(PE146xPE203)-3-AxN135xM75-2-B	34	11	-3.1347
53	(E174XE94)XM42xM42-2-B	65	4	-3.48032
54	(M47xLC)x LC-1-B	63	8	-3.56019
55	(112xML)xM35xM35-1-B	39	8	-3.69329
56	LP -1 -F-A-A	62	24	-4.00673
57	(QPMxM22)xM22-2-B	33	8	-4.48843
58	(232RxC)xC-3	36	8	-5.15644
59	(LPxPN308)xM35xLP-3-B	67	4	-6.35232
60	43-46	37	24	-7.745375
61	(LP7xPN308-1)xM23xC-3-B	66	4	-7.93632
62	LE 4-1	7	24	-8.740825
63	MCS41	46	12	-11.86351
64	M29	35	24	-105405

OBS= número de observaciones, ACG.REND=Aptitud Combinatoria General de la variable rendimiento.

**Cuadro A2. Aptitud combinatoria general para la variable calificación de planta de 64 líneas evaluadas.**

OBS	GENEALOGÍA	LÍNEA	CRUZAS	ACG.CP
1	(M22x351)xM22-3	1	4	1.88564
2	[]	2	16	1.44814
3	232-10-11	47	4	1.38564
4	(M23xV524)xM23-1	3	12	1.0523
5	(M23x351)xM23-1	5	8	1.01064
6	(MLxMM25)xML-2-B	17	12	0.88564
7	(M13xv52)xM15-1	57	4	0.88564
8	M3	21	12	0.8023
9	(M7x35)x351-2	4	8	0.63564
10	(S3-21-4xM35)xM35-1-B	15	4	0.63564
11	(PE61x47)xM-7-1-B	50	4	0.63564
12	(M7x35)x351-3	60	4	0.63564
13	(M23x351)xM23-3	18	12	0.5523
14	M3	23	12	0.46897
15	ML	12	12	0.46897
16	ML	25	20	0.43564
17	(M23x351)xM23-2	13	16	0.38564
18	M36	45	20	0.38564
19	(M13xCAFIME)xM3-2	41	4	0.38564
20	(M7x351)xM29-2	54	4	0.38564
21	(M23xV524)xM23-3	10	16	0.32314
22	[]	9	24	0.21897
23	(MLxM25)xM35-3	51	12	0.21897
24	(M23xV524)xM23-2	6	16	0.19814
25	S3-21-4xM42)xM42-2-B	16	4	0.13564
26	(M13xv52)xM15-3	19	12	0.13564
27	(M13xCAFIME)xM3-1	40	4	0.13564
28	(232Rx2)xM3-2	59	4	0.13564
29	M47	49	24	0.09397
30	(MLxM46)xML-3	11	12	0.0523
31	(MLxM46)xML-3	28	12	-0.03103
32	PE212	55	16	-0.05186
33	(M7x35)x351-1	30	16	-0.05186
34	M6	26	12	-0.11436

## Seguimiento del Cuadro A2

35	M13	29	12	-0.11436
36	M23	31	28	-0.11436
37	(S3x28xM42)xM42-3-B	27	4	-0.11436
38	(M47x232)xM47-3-B	56	4	-0.11436
39	351	52	16	-0.30186
40	(E174xE94)xM422xM42-3-B	32	4	-0.36436
41	[][]	53	4	-0.36436
42	M7	8	12	-0.4477
43	M42	48	16	-0.48936
44	LE 7-4	61	16	-0.48936
45	(S3-21-4XM3)xM3-1-B	14	8	-0.48936
46	M35	38	24	-0.53103
47	(MLxM46)xML-3	22	12	-0.61436
48	C2	58	8	-0.73936
49	(M47x232)xM47-3-B	64	8	-0.73936
50	(M13xLínea C)xC-3	20	12	-0.86436
51	(E174XE94)XM42xM42-2-B	65	4	-0.86436
52	(232RxC)xC-3	36	8	-0.98936
53	(M47xLC)x LC-1-B	63	8	-0.98936
54	(PE146xPE203)-3-AxN135xM75-2-B	34	12	-1.03103
55	(QPMxM22)xM22-2-B	33	8	-1.11436
56	LP -1 -F-A-A	62	24	-1.1977
57	(112xML)xM35xM35-1-B	39	8	-1.36436
58	(LPxPN308)xM35xLP-3-B	67	4	-1.36436
59	(LP7xPN308-1)xM23xC-3-B	66	4	-3.11436
60	43-46	37	24	-3.32872
61	LE 4-1	7	24	-4.259972
62	MCS41	46	12	-4.353722
63	M29	35	24	-4.503722
64	LP x PV) - 11	24	24	-4.822472

OBS= número de observaciones, ACG.CP=Aptitud Combinatoria General de la variable calificación de planta.