

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efectos Principales Aditivos e Interacción Multiplicativa e Índices de Selección
Como Herramientas Asistiendo la Selección de Híbridos en Maíz

Por:

LIZBETH MAYO SABINO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo, 2019.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efectos Principales Aditivos e Interacción Multiplicativa e Índices de Selección
Como Herramientas Asistiendo la Selección de Híbridos en Maíz

Por:

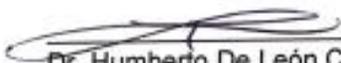
LIZBETH MAYO SABINO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

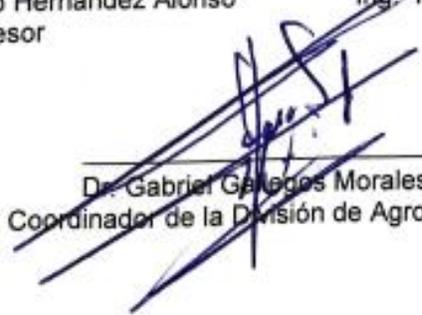
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Humberto De León Castillo
Asesor Principal


M.C. Eduardo Hernández Alonso
Coasesor


Ing. Raúl Gándara Huitrón
Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.
Mayo, 2019.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Humberto de León Castillo, por su paciencia, apoyo, dedicación y sobre todo por la confianza puesta en mí para la realización de esta tesis.

Al M.C. Eduardo Hernández Alonso por brindarme el apoyo en la revisión de este trabajo, su amistad y confianza.

Al Ing. Raúl Gándara Huitrón, por brindarme el apoyo en la revisión de este trabajo de investigación.

A, mis amigos y compañeros por el apoyo brindado, gracias por todo. Eduardo, Carlos, Goyo, Vela, Geovanni, Julio.

DEDICATORIA

Con amor y aprecio a mis padres, porque ellos son la motivación y pilar de mi vida, mi orgullo de ser lo que seré.

A mis hermanos porque son la razón de sentirme orgullosa de culminar mi meta.

Porque ellos han dado razón a mi vida, por su apoyo incondicional, sus consejos, su paciencia y confianza, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

RESUMEN

Los híbridos de maíz mejoran la productividad agrícola, el desarrollo de los híbridos simples, es una estrategia de mejoramiento para aumentar la producción, dado que estos explotan fuertemente el fenómeno de heterosis. Este trabajo se realizó con 47 híbridos simples experimentales propiedad del Instituto Mexicano del Maíz y 3 testigos comerciales; fueron evaluados en dos ambientes teniendo los siguientes objetivos: i) Verificar si existe variación estadística en las variables evaluadas, ii) Comprobar que existe diferencia en el comportamiento agronómico de los híbridos y iii) Identificar al menos un híbrido experimental superior. La evaluación se llevó a cabo en los años 2017 y 2018 bajo un diseño de bloques incompletos con dos repeticiones por ambiente. Se realizó un análisis de varianza individual y combinado. La identificación de genotipos superiores fue desarrollada a partir de la metodología de índice de selección. Los resultados obtenidos en el ANVA permitieron comprobar la existencia de diferencias estadísticas entre híbridos y variables. El índice de selección se construyó a partir de las variables: calificación de planta, humedad del grano a la cosecha y peso hectolítrico del grano. El valor de los índices de selección de los híbridos permitió identificar 4 genotipos experimentales sobresalientes (36, 37,14 y 45) que tienen precocidad, buen potencial de rendimiento, sanidad, buen porte y vigor.

Palabras clave: híbridos simples, modelo AMMI, índice de selección.

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ixx
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Importancia de los híbridos.....	4
Aptitud combinatoria	5
Patrones heteróticos.....	6
Índices de selección	7
Modelo AMMI	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	11
Evaluación de los ensayos de rendimiento.....	11
Descripción de la parcela experimental.....	11
Manejo agronómico	13
Variables agronómicas evaluadas.....	14
Análisis estadísticos	17
Análisis de varianza individual.....	17
Análisis de varianza combinado.....	18
Modelo AMMI y su gráfico Biplot.	19
Índice de selección (IS)	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23

Cuadrados medios del análisis de varianza individual evaluados en los años 2017 y 2018.....	23
Análisis de varianza combinado a través de años para 47 híbridos simples experimentales y tres testigos evaluados en la UAAAN, durante el 2017 y 2018.....	30
Agrupamiento natural de las variables.....	34
Análisis de varianza del índice de selección.....	36
V. CONCLUSIONES	41
VI. LITERATURA CITADA	42

ÍNDICE DE CUADROS

cuadro	Descripción	Pág
3.1	Descripción de la genealogía de los híbridos simples experimentales y testigos comerciales.....	12
4.1	Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza individual para 47 híbridos experimentales y tres testigos comerciales, evaluados en el terreno denominado Bajío del campo directo de la UAAAN en el ciclo primavera-verano del año 2017.....	24
4.2	Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza individual para 47 híbridos experimentales y tres testigos comerciales, evaluados en el terreno denominado Bajío del campo directo de la UAAAN en el ciclo primavera-verano del año 2018.....	28
4.3	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para 13 variables, con 47 híbridos experimentales y tres testigos comerciales evaluados en los ciclos 2017 y 2018.....	32
4.4	Resultados del análisis de varianza del índice de selección combinado de dos ambientes.....	36
4.5	Híbridos seleccionados mediante el índice de selección más dos veces el error estándar.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Pág
4.1	Gráfico Biplot generado a partir de 13 variables.....	34

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es el producto agrícola que más se produce en el mundo, debido a sus cualidades alimenticias para la producción de proteína animal, el consumo humano y el uso industrial, esto lo ha convertido en uno de los productos más importantes en los mercados internacionales (FIRA 2016).

Además, es el cultivo más representativo de México por su importancia económica, social y cultural; con un consumo promedio per cápita al año, de 196.4 kg de maíz blanco especialmente en tortillas; representa 20.9 por ciento del gasto total en alimentos, la producción de grano de maíz en México se divide en blanco y amarillo. El maíz blanco representa el 89.94 % de la producción y se destina principalmente al consumo nacional, el resto del maíz amarillo se destina a la industria o a la fabricación de alimentos balanceados para producción pecuaria. (SIAP, 2016).

Es determinante mencionar que hoy por hoy el mejoramiento genético de los cultivos ha sido y seguirá siendo una disciplina clave en la capacidad de la agricultura para responder a los nuevos desafíos impuestos por el crecimiento de la población, restricción de recursos y cambio global (Schwember *et al.*, 2011). En particular la semilla de maíz híbrido puede mejorar la productividad de los agricultores, siempre y cuando la semilla que se produzca satisfaga las más altas normas genéticas, físicas y fitosanitarias, para garantizar una producción de semilla de calidad, es necesario realizar un buen manejo agronómico de los campos de producción y cumplir con las normas que rigen esa producción (Macrobeth, 2014)

El presente trabajo se realizó con el fin de conocer el comportamiento agronómico de 47 híbridos simples experimentales, que pertenecen a un grupo de germoplasma de maíz con altura normal provenientes del programa de mejoramiento genético del Instituto Mexicano del Maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en los cuales se evaluó la respuesta

de 13 variables agronómicas con el propósito de identificar los materiales que cuenten con los atributos deseados, atractivos para los productores.

La principal intención de estos trabajos es la formación y capacitación de recursos humanos en particular de alumnos que desean obtener su licenciatura mediante la opción de tesis y colateralmente aprovechar el germoplasma élite que tiene el IMM para detectar nuevas combinaciones híbridas que puedan llegar a los productores de la zona maicera ubicada entre los 1000 y 1800 msnm; pensando contribuir en aumentar el promedio de rendimiento nacional.

Los ensayos de rendimiento fueron evaluados en el ciclo primavera verano de los años 2017 y 2018 en terrenos denominado “el bajío” de la UAAAN, bajo un diseño de bloques incompletos al azar bajo un arreglo alfa-látice.

Objetivo

- Verificar si existe variación estadística en las variables evaluadas de los híbridos experimentales.
- Comprobar que existe diferencia en el comportamiento agronómico de los híbridos experimentales
- Identificar al menos un híbrido experimental que supere o iguale a los testigos.

Hipótesis

- Existe suficiente variación genética en los híbridos experimentales de la cual podremos hacer selección.
- Habrá diferencias en el comportamiento agronómico de los híbridos experimentales
- Existirán algunos híbridos experimentales que tengan los atributos deseados (iguales o superiores a los híbridos comerciales).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia de los híbridos

En México en siembran 8.5 millones hectáreas de maíz cada año, en 25 % de esta superficie se emplea semilla mejorada; y semillas nativas (50 % de maíces nativos genuinos y 25 % variedades mejoradas acriolladas o generaciones avanzadas de híbridos) en el resto. La semilla mejorada se concentra en áreas de potencial productivo alto, cada año hay resistencia a la adquisición de semilla nueva, por su costo elevado (Tadeo *et al.*, 2016).

Para Sierra *et al.*, (2016) la semilla es el principal insumo en la producción de maíz pues de ella dependen el potencial de rendimiento y la calidad del producto, el desarrollo de híbridos de maíz con altos rendimientos de grano requiere identificar progenitores que produzcan los mejores híbridos potenciales (Gaytán *et al.*, 2010).

Dado que el maíz presenta amplia diversidad genética, en un programa de mejoramiento genético es necesario conocer los componentes de variación genética para optimizar las estrategias de aprovechamiento en la producción de grano (Sánchez *et al.*, 2016).

Virgen *et al.*, (2015) mencionan que la semilla de calidad es el insumo básico para aumentar la productividad en maíz; esto debe producirse con procedimientos y controles estrictos, para ello utilizaron la tecnología de semilla híbrida en el experimento.

Ramírez *et al.*, (2015) realizaron un estudio para la aplicación de una metodología para incorporar germoplasma de maíz nativo sobresaliente en patrones heteróticos mejorados para generar híbridos simples comerciales de maíz y de esta manera aprovechar la diversidad genética de maíz que existe en México.

Escorcia *et al.*, (2009) argumentan que los programas de mejoramiento genético de maíz por hibridación, deberían tener una base de líneas de alta ACG y alto rendimiento, en cuyas cruzas simples sería posible identificar las de mayor heterosis.

Aptitud combinatoria

Caicedo *et al.*, (2017) menciona que la aptitud combinatoria general y específica, se utiliza para identificar combinaciones híbridas entre líneas endogámicas con rendimiento mejor o peor que el comportamiento promedio esperado de las líneas progenitoras.

Gonzales *et al.*, (2016) determinaron los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para rendimiento de grano y sus componentes, donde el análisis combinado demostró diferencias significativas en los genotipos evaluados con lo cual se pueden utilizar para formación de híbridos, además de estimar el grado de dominancia, heterosis y heredabilidad, con el propósito de identificar y evaluar patrones heteróticos entre líneas endogámicas de maíz.

Un análisis de varianza combinado permite identificar diferencias significativas en cruzas, ACG, ACE, en rendimiento y componentes del rendimiento, así como en parámetros de calidad (Camposeco *et al.*, 2015).

Montejo *et al.*, (2015) mencionan que para el desarrollo de variedades o híbridos demanda la búsqueda de genotipos con alta aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE).

Manjarrez *et al.*, (2014) analizaron los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) y el tipo de acción génica de caracteres agronómicos de la semilla de maíz normal y de alta calidad de proteína para estudiar los factores importantes y las características del germoplasma en un programa de mejoramiento.

Conocer la estabilidad del rendimiento de grano de líneas en combinaciones híbridas es trascendente, para ello (Vélez *et al.*, 2018) evaluaron la estabilidad del rendimiento de cruzas simples dialélicas provenientes de líneas de alta y baja ACG, y los resultados obtenidos por estos autores fueron que la respuesta de las cruzas a un ambiente específico, además la aptitud combinatoria general (ACG) de las líneas, adaptación y adaptabilidad de la craza juega un papel muy importante para el desempeño de su rendimiento.

Guillen *et al.*, (2009) realizaron un estudio donde concluyen que las poblaciones con los mayores efectos de ACG pueden incluirse en un programa de mejoramiento para obtener variedades sintéticas. Así mismo, las cruzas con los mayores efectos de ACE pueden considerarse en un programa de mejoramiento para la formación de híbridos.

Patrones heteróticos

En los programas de mejoramiento genéticos de maíz enfocados a la generación de híbridos, es determinante disponer de fuentes de germoplasma y contar con información con respecto a grupos y patrones heteróticos que

ayuden en la planeación de los cruzamientos y en la formación de poblaciones de maíz para empleo como fuente de germoplasma es importante buscar la mejor combinación de los materiales originales para mantener los grupos heteróticos en las condiciones que generaran un mejor potencial productivo en la formación de híbridos (Balderrama *et al.*, 2016).

Ledesma *et al.*, (2015) mencionan que en un programa de mejoramiento, la incorporación de patrones heteróticos es fundamental para la formación de híbridos sobresalientes.

Gaytán *et al.*, (2010) desarrollaron una investigación donde argumentan que el desarrollo de híbridos de maíz con altos rendimientos de granos se requiere identificar progenitores que produzca los mejores híbridos potenciales.

Ramírez *et al.*, (2013) presentaron una metodología para la generación de patrones heteróticos y de variedades mejoradas para la zona de transición de México, por lo que menciona que definir primero los patrones heteróticos interregionales en función del germoplasma disponible: líneas, poblaciones o ambas y el tipo de madurez deseado (precoz, intermedio o tardío), posteriormente se aplicará un esquema de mejoramiento interregional basado en el desarrollo de los patrones heteróticos que permita el aprovechamiento integral del germoplasma para el desarrollo de híbridos comerciales.

Índices de selección

Un índice de selección es la metodología utilizada para hacer selección de manera simultánea de varias características, la cual toma en consideración además de los aspectos genotípicos, la importancia económica de las características involucradas. Está conformado esencialmente por dos ecuaciones; la primera es aquella en la cual se incluyen las características que se desea mejorar, es decir, las que comprenden el objetivo de selección y se

denomina genotipo agregado; la segunda se constituye con las características sobre aquellas que se hace la selección, las cuales se denominan criterios de selección (Yáñez, 2005).

Soares *et al.*, (2011) mencionan que la utilización de un índice de selección es un paso clave en un proceso de aceleramiento del progreso genético de cualquier especie o raza, si bien es importante tener en cuenta que es una herramienta perfectible y que debe ser utilizada con conocimiento de los supuestos asumidos y del proceso de estimación realizado para el desarrollo del el mismo.

El criterio básico para la elección de un diseño debe ser su capacidad para poder efectuar un muestreo efectivo dentro de unas condiciones ambientales heterogéneas, la evaluación y selección en condiciones de cultivo aislado entre plantas permite la optimización de la heredabilidad para caracteres cuantitativos (Marques., 2015).

Tucuch *et al.*, (2011) realizaron un estudio con el objetivo de estimar índices de selección de caracteres agronómicos que ayuden a seleccionar los materiales genéticos que se utilizan en la producción de forraje y evaluar la eficiencia relativa de los índices estimados, lo cual estos autores concluyen que cuando se selecciona un carácter como medio para mejorar otro, deberá considerarse, el grado de asociación del carácter por mejorar.

La selección de genotipos basada en la evaluación simultánea de dos o más caracteres se ha hecho, principalmente al índice de selección desarrollado por Smith, no obstante que sus requerimientos estimaciones de las varianzas y covarianzas de los valores genotípicos y la asignación, frecuentemente subjetiva, de los pesos económicos de los valores genotípicos de los caracteres involucrados en la selección (Cerón *et al.*, 2005).

Restrepo *et al.*, (2008) realizaron un estudio con la finalidad de evaluar la selección mediante índices y niveles independientes (IND) de descarte, donde concluyes que la aplicación de los métodos de selección por índices o por NID, permite la selección simultánea para características productivas y reproductivas, con la obtención de progresos genéticos simultáneos.

Modelo AMMI

El modelo AMMI es útil para entender la compleja interacción genotipo por ambiente existente en caracteres cuantitativos como el rendimiento de grano, lo que permite ganar comprensión de la interacción, mejorar el proceso de selección y sumar eficacia experimental al poder formar grupos de ambientes de igual respuesta, así como grupos de ambientes que poco contribuyen a la interacción y a la discriminación de genotipos (Lozano *et al.*, 2015).

El modelo AMMI, además de ser informativo y sencillo de interpretar, resulta más efectivo para caracterizar la respuesta de los genotipos que el análisis de regresión de Finlay y Wilkinson (Williams *et al.*, 2010).

Canales *et al.*, (2016) realizaron un estudio con el objetivo de identificar híbridos trilineales de maíz que presenten estabilidad del rendimiento de grano, utilizando los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell y el modelo de interacción multiplicativo y de efectos principales aditivos (AMMI, por sus siglas en inglés), así como, definir el modelo que mejor describa la interacción genotipo por ambiente. Para ello, los investigadores concluyen que ambos modelos identificaron por lo menos a un híbrido trilineal como estable, pero fue el modelo AMMI el que mejor describió la interacción genotipo por ambiente, en comparación con los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell.

Vargas *et al.*, (2016) probaron 9 híbridos diferentes para el análisis de estabilidad de genotipos a través de ambientes, utilizando los modelos estadísticos de Eberhart y Russell, Lin y Binns y AMMI. Llegando a la conclusión que AMMI presenta el mejor ajuste en el análisis de comportamiento de los genotipos evaluados a través de ambientes, ya que permite hacer una clasificación por ambientes e identificar los genotipos de mejor comportamiento en un ambiente determinado.

Para utilizar el método de los efectos aditivos principales e interacciones multiplicativas (AMMI) como herramienta de selección de genotipos de plantas de ciclo anual, se recomienda realizar un análisis de varianza por localidad y combinado para las variables que permita definir si existe interacción significativa entre genotipo y ambiente, es decir, permita determinar el efecto del genotipo, el ambiente y de la interacción de las variables, con repetición en diferentes localidades y épocas diferentes y así indicar las variaciones significativas de los genotipos de acuerdo a la respuesta que da a medida que varía el ambiente (Quevedo, 2018).

Tamayo *et al.*, (2012) realizaron un estudio donde concluyen que la aplicación del modelo AMMI, a través de la representación Biplot, les permitió apreciar semejanzas y diferencias entre momentos de evaluación y visualizar además los de mayor contribución a la interacción genotipo-ambiente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado con 47 híbridos simples experimentales de germoplasma de altura normal provenientes del programa de mejoramiento genético del Instituto Mexicano del Maíz, cuyas descripciones se presentan en el Cuadro 3.1, donde también se incluyen los testigos comerciales

Evaluación de los ensayos de rendimiento

Los híbridos experimentales se evaluaron en dos años (2017 y 2018), bajo un diseño de bloques incompletos al azar con un arreglo alfa-látice en ambas evaluaciones se utilizaron como testigos los híbridos provenientes de la empresa MOSANTO (Antílope), PIONEER (3052) y el tercero de la UAAAN (AN 447). La siembra de los experimentos se llevó a cabo en la localidad Buenavista dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, campo experimental bajío. De clima seco semi-calido, la ubicación geográfica es: 25°21', latitud norte, 101°02', longitud oeste, con una precipitación anual total de 355 a 400 mm y una altitud 1,742 msnm con una temperatura media anual de 19.8°C

Descripción de la parcela experimental.

La unidad experimental es de un surco de 3.70 m de largo por 0.80 m de ancho, con 0.16 m de espacio entre plantas.

Los híbridos se sembraron de acuerdo a las sugerencias de un diseño de bloques incompletos, con dos repeticiones, bajo un arreglo de alfa- látice, divididos en 5 sub bloques (diez parcelas por bloque).

Cuadro 3.1. Descripción de la genealogía de los híbridos simples experimentales y testigos comerciales.

ENTRADA	GENEALOGÍA	ENTRADA	GENEALOGÍA
1	(M29X351)xM29-B-1-B] x (M47xV524)xM47-1-B	26	(V524xM7)xM7}-2-B]x[(PE61x47)xM-7-1-B]
2	(M29X351)xM29}-B-1-B] x [(232Rx C)x C-3]	27	(M47xlineaC)xM47}-B]x[(V524xM7)xM7}-2-B]
3	(M29X351)xM29}-B-1-B] x [(M7xS3-19-5)xM29-2]	28	(M47xlineaC)xM47}-B]x[(112xML)xM35xM35]-2-B]
4	(M42xV524)xM42-4-B] x[(V524xM7)xM7-2-B]	29	(M47xlineaC)xM47}-B]x[M36]
5	(M42xV524)xM42-4-B] x [M47]	30	(M47x232)xM47}-3-B]x[(V524xM7)xM7}-2-B]
6	(M42xV524)xM42-4-B] x [PE212]	31	(M47x232)xM47}-3-B]x[(112xML)x112]xM29-3-B]
7	(M42x351)xM42-3-B] x [(V524xM7)xM7-2-B]	32	(M47x232)xM47}-3-B]x[(112xML)xM35xM35]-2-B]
8	(M42x351)xM42-3-B] x [(E174XE94)xM42]xM42-1-B]	33	(M47x232)xM47}-3-B]x[M35]
9	(M42x351)xM42}-3-B]x[(M7xS3-19-5)xM29-2]	34	(V524xM22)XM8-2-B]x[(PE61x47)xM-7-1-B]
10	(M47xLC)x LC}-1-B)]x[(M29X351)xM29-B-1-B]	35	(V524xM22)XM8-2-B]x[(112xML)x112]xM29-3-B]
11	(M47xLC)x LC}-1-B)]x[(M47xV524)xM47}-1-B]	36	(V524xM22)XM8-2-B]x[(S3x28xM42)xM42}-1-B]
12	(M47xLC)x LC}-1-B)]x[(S3x28xM42)xM42}-1-B]	37	(V524xM22)XM8-2-B]x[(M7xV524)xM7}-1]
13	(M47xLC)x LC}-1-B)]x[(LE7-AAAxM29)xM8-1-B]	38	(V524xM22)XM8-2-B]x[M47]
14	(M47xLC)x LC}-1-B)]x[PE212]	39	(E174XE94)xM42xM42-1-B]x[(PE61x47)xM-7-1-B]
15	(M47xV524)xM47}-1-B]x[(V524xM7)xM7}-2-B]	40	(E174XE94)xM42xM42-1-B]x[(112xML)x112]xM29-3-B]
16	(M47xV524)xM47}-1-B]x[(PE61x47)xM-7-1-B]	41	(E174XE94)XM42xM42-2-B]x[(S3-21-4XM3)xM3-1-B]
17	(M47xV524)xM47}-1-B]x[(M7xV524)xM-7-1]	42	(E174XE94)XM42xM42-2-B]x[(M13x10-11)xM13]-2]
18	(M47xV524)xM47}-2-B]x[(E174XE94)xM42]xM42-1-B]	43	(E174XE94)XM42xM42-2-B]x[(M23x351)xM23]-1]
19	(M47xV524)xM47}-2-B]x[(PE61x47)xM-7-1-B]	44	(E174XE94)XM42xM42-2-B]x[(P x PN)- 16]
20	(M47xLC)x LC}-1-B]x[(V524xM7)xM7}-2-B]	45	(E174XE94)XM42xM42-2-B]x[]
21	(M47xLC)x LC}-1-B]x[(E174XE94)xM42]xM42-1-B]	46	(E174x E94)xM424xM22-1B]x[(S3-21-4XM3)xM3-1-B]
22	(M47xLC)x LC}-1-B]x[(S3x28xM42)xM42}-1-B]	47	(E174x E94)xM424xM22-1B]x[(S3-21-4xM35)Xm35-4-B]
23	(M47xLC)x LC}-1-B]x[M47]	48	AN 447 TESTIGO
24	(M47xLC)x LC}-1-B]x[MLS4-1]	49	3052 TESTIGO
25	(V524xM7)xM7}-2-B]x[(PE61x47)xM-7-1-B]	50	ANTÍLOPE TESTIGO

Manejo agronómico

El manejo se le dio de acuerdo a las necesidades de la localidad. Las labores culturales durante el ciclo del cultivo fueron realizadas de forma oportuna y de acuerdo a las necesidades en cada ambiente de estudio, buscando obtener los mejores resultados, haciendo énfasis en los momentos oportunos del cultivo

Siembra: se realizó manualmente depositando alternamente dos semillas, una semilla por golpe con un total de 35 semillas por parcela con el fin de obtener un número de 23 plantas para una toma de datos exactos.

Fertilización: la fórmula aplicada en estos ensayos de rendimientos fue 200-100-100 kg ha⁻¹ de nitrógeno, fosforo y potasio respectivamente, se distribuyó de la siguiente manera: 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 al momento del aporque.

Control de maleza: en todos los ambientes de evaluación se utilizó un herbicida con el nombre comercial Atraplex (cuyo ingrediente activo es Atrazina) a razón de 2 kg ha⁻¹.

Control de plagas: esta práctica se llevó a cabo durante el ciclo vegetativo del cultivo, dándole más importancia en las primeras etapas del desarrollo y crecimiento del cultivo, del cual se utilizaron los siguientes insecticidas: Proclaim (Benzoato de emamectina) y Topgar (Cromacina), para el control de gusano cogollero y minador respectivamente.

Riego: se aplicó vía cintilla y estos fueron variables y estuvieron en función del requerimiento de la humedad.

Aclareo: esta práctica se realizó cuando el cultivo estaba en etapa V5, el objetivo fue dejar 23 plantas por parcela útil.

Cosecha: se realizó manualmente por cada parcela útil del cual se calificó la mazorca y se determinó peso de campo, porcentaje de humedad y peso hectolítrico.

Variables agronómicas evaluadas

Días a floración macho (FM): este dato se toma cuando el cincuenta por ciento más uno de la inflorescencia masculina empieza a liberar polen tomando en cuenta los días transcurridos desde la fecha de siembra.

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

Altura de planta (AP): para la obtención de estos datos se utilizan reglas de no más de tres metros, este dato se toma en centímetros, desde la base de la planta hasta la base de la hoja bandera.

Altura de mazorca (AM): es la longitud que existe desde la base del cultivo y el primer nudo de inserción de la mazorca principal, este dato se tomó en centímetros.

Acame de raíz (AR): este dato se toma en cuenta en porcentajes que representa a las plantas acamadas por parcela tomando en cuenta aquellas que representan 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 que no alcanzaron a cubrir muy bien las brácteas, quedando descubiertas las puntas de las mazorcas.

Plantas con *fusarium spp.* (FUS): esta enfermedad se presenta antes del llenado de grano. Este dato se toma en relación al número de plantas enfermas con respecto al total de plantas presentes en la parcela experimental y se expresa en porcentajes.

Calificación de planta (CP): este dato se toma con respecto al porte, sanidad potencial de rendimiento y precocidad de las plantas por parcela útil, la escala de calificación va de 1 a 9 (1 muy malo, 9 muy bueno).

Calificación de mazorca (CM): calificación visual en base al total de mazorcas cosechadas por parcela útil que tiene un buen llenado de grano, tamaño uniformidad, sanidad y calidad de granos, la escala que va de 1 a 9 siendo el 1 el más malo y 9 lo mejor.

Peso hectolítrico (PH): Es el peso de la masa de granos que ocupa el volumen de 100 litros, se determinó en base a una muestra representativa de mazorcas desgranadas en campo de la parcela útil, cuyo dato se tomó en el aparato Dickie Jhon.

Por ciento de humedad (HUM): este dato se obtuvo a través de la toma de un número de mazorcas en cada parcela, se desgranaron hasta juntar aproximadamente 250 gramos, para tomarle la humedad en el aparato Dickie Jhon.

Rendimiento: para estimar el rendimiento en toneladas por hectáreas al 15.5 por ciento de humedad en todos los tratamientos, primeramente, se multiplico el

peso seco de la mazorca (PS) por el factor de conversión (FC) cuyas formulas son las siguientes:

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

Dónde:

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

PC= peso seco de campo en kg.

$$FC = \left[\frac{10,000 \text{ m}^2}{APU \times PS} \right] / 1000$$

Se obtuvo dividiendo la equivalencia de la hectárea sobre el producto del peso seco (PS) por el área de parcela útil (APU) y dividida entre 1000 para tener la equivalencia de una tonelada.

$$APU = (No. de plantas menos uno) \times (dist. entre plantas) \times (dist entre surco)$$

Para ajustar el rendimiento de mazorca al 15.5 % de humedad (RENDA) se empleó la siguiente formula

$$RENDA = REND + REND \times (0.155).$$

Dónde:

REND = rendimiento estimado en mazorca en t ha⁻¹

RENDA = rendimiento de mazorca en t ha⁻¹ al 15.5 de humedad

APU= Es el área de parcela útil, determinado por la distancia entre surco por la distancia de estos y por el número de plantas por parcela.

0.155= Es la constante para determinar el rendimiento al 15.5 por ciento de humedad.

1,000= Es la constante para determinar el rendimiento en t ha⁻¹.

10,000 m²= Es el equivalente a una hectárea.

Análisis estadísticos

Análisis de varianza

El análisis de varianza (ANVA) de un factor sirve para comparar varios materiales en una variable cuantitativa. Esta prueba es una generalización del contraste de igualdad de medias para dos muestras independientes. Se aplica para contrastar la igualdad de medias de tres o más poblaciones independientes y con distribución normal.

El análisis de varianza de este trabajo se realizó en las trece variables estudiadas del experimento, para observar el comportamiento de las repeticiones, bloques dentro repeticiones e híbridos en diferentes años, con la ayuda del paquete estadístico SAS incluyendo 50 tratamientos por experimento con diez tratamientos por bloques. Bajo los siguientes modelos:

Análisis de varianza individual.

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

Dónde:

Y_{ijk} =Variables de respuestas.

μ =Efecto de la media general.

R_i =Efecto de la i-ésima repetición.

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

T_k = K-ésima tratamientos.

ϵ =Efecto del error experimental.

Análisis de varianza combinado.

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

Dónde:

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

μ = Es la media general.

A_i = Es el efecto del i-ésimo ambiente.

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

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

T_i = Es el efecto del i-ésimo tratamiento.

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

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

Coeficiente de variación.

Este permite determinar la relación que existe entre el tamaño de la muestra y la variabilidad de los caracteres. Su fórmula expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética, mostrando una repetición de lo representativo de la muestra en teoría valores menores al 20 % son considerados como una muestra confiable, suficiente o representativa de la población de interés

Para calcular el coeficiente de variación (CV), se utilizó la siguiente fórmula.

$$CV = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{x}} 100$$

Dónde:

cv = Coeficiente de variación.

CMEE = Cuadrado medio del error.

\bar{x} = Media general

Con base a los resultados arrojados por el análisis de varianza combinado, el procedimiento a seguir fue construir un índice de selección, aplicando el modelo AMMI y su gráfico Biplot, lo cual permite observar objetivamente las variables que se agrupan por estar correlacionadas y de cada grupo se elige la variable más indicada para que represente al resto de las variables.

Modelo AMMI y su gráfico Biplot.

Para analizar y visualizar si existen agrupamientos entre las 13 variables, es importante trabajar con las mismas unidades, ya que cada carácter fue tomado en diferente medida como son: porcentaje, calificaciones, tha^{-1} , cm, etc., las variables se estandarizaron con la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{Y_i - \bar{Y}}{\sigma}$$

Z = Valor estandarizado

Y_i = Valor observado

\bar{Y} = Promedio

σ = Desviación estándar de la variable de la ecuación.

Después de haber estandarizado los datos de las trece variables se corrió el modelo AMMI, con el propósito de observar el gráfico Biplot, para la visualización de los agrupamientos naturales de las trece variables, utilizando la fórmula del modelo aditivo de los efectos principales e interacciones multiplicativas, la cual se representa matemáticamente de la siguiente manera:

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

Dónde:

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

μ = Media general.

g_i = Efecto del i-ésimo genotipo.

e_j = Efecto del j-ésimo ambiente.

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

λ_k = Raíz cuadrada del vector característico del k-ésimo eje del ACP.

α_{ij} = Calificación del ACP para el k-ésimo eje del i-ésimo genotipo.

γ_{ik} = Calificación del ACP para el K-ésimo eje de la j-ésima variable.

Índice de selección (IS)

Después de haber obtenido los datos del gráfico Biplot e identificar las variables, se seleccionó una variable de cada agrupamiento que tuviera correlación con otras dentro del mismo grupo y que representara al resto.

De las cuales fueron las siguientes: calificación de planta, como carácter correlacionado con rendimiento, calificación de mazorca, altura de planta y mazorca, para el siguiente agrupamiento se seleccionó la variable peso hectolítrico ya que está correlacionada con plantas con fusarium y con el acame de tallo, y por último se seleccionó la variable humedad que tiene correlación con la variable floración macho, floración hembra y mala cobertura.

Con la ayuda de estas variables se construyó el índice de selección para identificar los materiales más sobresalientes en cuanto a sanidad, porte, rendimiento y precocidad.

Los índices de selección se construyeron para cada una de las repeticiones, donde se empleó la siguiente ecuación:

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

Dónde:

IS = Índice de selección.

$Y_j \dots n$ = Variables 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, los valores negativos son importantes para la selección de variables que interese se encuentren por debajo de la media por ejemplo precocidad, altura de planta, etc., por el contrario, valores positivos son importantes para variables que interese que su expresión sea superior a la media de la población por ejemplo rendimiento, calidad, etc. aquellos genotipos

que interesa se encuentren por arriba de la media de la población y para seleccionar variables que interesa que se encuentren cercanos al promedio se utilizan metas con valor a cero, la meta deseada se calcula con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Meta\ de\ selección} = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

Dónde:

x = Valor de la variable

\bar{x} = Media

σ = Valor estándar

La intensidad de selección es el grado de importancia que se le asigna a cada una de las variables ser utilizadas en la selección y toma valores de cero (0) a diez (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. En este experimento se seleccionó tres variables las cuales fueron calificación de planta con una intensidad de 10; humedad 9 y peso hectolítrico 8.

Los valores obtenidos del índice de selección se utilizaron como variables de respuesta en un análisis de varianza, también se utilizó la prueba de medias 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 según que son superiores respecto a los genotipos buscado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan e interpretan los cuadros, gráficas y datos de los análisis generados de la evaluación de 50 híbridos, 47 experimentales y tres testigos, evaluados en los ciclos Primavera y Verano del 2017 y 2018, en el siguiente orden: i) se iniciará con el desglose de los análisis de varianza individuales y el combinado de 13 variables agronómicas; ii) construcción del índice de selección en atención a las variables representativas de grupos correlacionados arrojados por el modelo AMMI; y iii) se culminará con la identificación de los híbridos simples experimentales superiores en atención al índice de selección fenotípico básico.

Cuadrados medios del análisis de varianza individual evaluados en los años 2017 y 2018.

En el Cuadro 4.1, para la fuente de variación repeticiones se detectaron diferencias al ($P \leq 0.01$) para seis características: FM, FH, AP, AM, CM y REND, por lo que se considera que el diseño fue eficaz, esto permitió observar las diferencias que hubo entre las repeticiones y así minimizar el efecto del error experimental para tener una mejor apreciación de las diferencias entre los genotipos, esto se le atribuye a que cada ambiente presentó diferencias en cuanto a condiciones climáticas, favoreciendo un comportamiento distinto para cada uno de los híbridos.

Para la fuente de variación bloques dentro de repeticiones, se detectaron efectos significativos al ($P \leq 0.01$) para dos características (AP y AM), esto indica que el bloqueo resultó ser eficiente para estas variables, debido a que estas diferencias indican la variación que existe en el terreno de evaluación, lo que permite determinar que el bloqueo fue eficiente en los ambientes señalado, lo cual permitirá una selección más precisa de los materiales experimentales.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza individual para 47 híbridos experimentales y tres testigos comerciales, evaluados en el terreno denominado Bajío del campo directo de la UAAAN en el ciclo primavera-verano del año 2017.

F.V.	G.L.	FM (días)	FH (días)	AP (cm)	AM (cm)	AR (%)	AT (%)	MCOB (%)	FUS (%)	CP (1-9)	CM (1-9)	REND (t ³ ha ⁻¹)	PH (vol.)	HUM (%)
Repeticiones	1	64.00 **	82.81 **	5476.0 **	2520.0 **	5.29	1.00	22.09	62.41	1.44	5.76 **	51.35 **	6.20	0.34
Bloq / (Rep)	8	4.84	6.21	334.58 **	502.50 **	4.12	0.69	22.87	12.89	2.10	1.61	8.08	3.03	1.15
Híbrido	49	18.21 **	20.85 **	297.80 **	242.41 **	4.08	0.54	125.52 **	30.63	3.44 *	2.63 **	18.73 **	9.73 *	4.89 *
Error	41	3.50	4.51	89.57	112.36	4.52	0.45	34.57	22.98	1.73	0.76	4.90	5.84	2.38
C.V		2.44	2.70	3.89	8.10	518.50	671.73	71.10	127.14	25.07	16.75	14.96	3.34	7.97
Media		76.56	78.55	243.00	130.86	0.41	0.10	8.27	3.77	5.24	5.22	14.79	72.43	19.35
Máximo		84.00	86.00	267.00	156.50	8.50	2.50	28.00	15.00	8.50	8.00	21.71	76.50	23.40
Mínimo		70.00	72.00	213.50	103.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	3.50	8.65	65.95	15.65
E.E		1.42	1.62	7.21	8.07	1.62	0.51	4.48	3.65	1.00	0.67	1.69	1.84	1.17

*, **= significativo al P≤0.05 y altamente significativo al P≤0.01 de probabilidad; F.V.= Fuentes de variación; BLOQ(REP)= Repeticiones dentro de bloques; C.V.= coeficiente de variación; E.E.= Error estándar; G.L.= Grados de libertad para el análisis de varianza; FM= Floración macho; FH= Floración hembra; AP= Altura de planta; AM; Altura de mazorca; AR=Acame de raíz; AT= Acame de tallo; MC= Mala cobertura; FUS= Plantas con fusarium; CP= Calificación de planta; CM= Calificación de mazorca; REND= Rendimiento en t³ha⁻¹ al 15% de humedad; PH= Peso hectolítrico; HUM= Humedad.

En la fuente de variación híbridos se detectaron diferencias al ($P \leq 0.01$) para las características FM, FH, AP, AM, MCOB, CM y REND, así como al ($P \leq 0.05$) para CP Y PH, lo que en otras palabras significa es que existe variabilidad en los materiales estudiados, esto facilita la posibilidad de que al menos un híbrido sea diferente al resto, es de suma importancia recalcar esto ya que permitirá hacer una selección adecuada y que convenga a los objetivos del programa de mejoramiento.

Desglosándolo por variables, se tiene que para días a floración las medias fueron 77 días para machos y 79 para hembra con valores mínimos y máximos que van de 70 a 84 días y de 72 a 86 días respectivamente, se detectaron 7 grupos estadísticos para floración macho y 8 grupos para floración hembra siendo esto un claro indicador de la amplia variación que existe para estos caracteres, lo que facilitará la selección de los materiales precoces o según las necesidades de los productores.

Para las variables de altura de planta y mazorca se tienen las medias de 243 cm y 130.83 cm con valores mínimos y máximos de 213.4 cm a 267 cm en altura de planta y 103.5 cm a 156.5 cm en mazorca, que se formaron 7 grupos estadísticos en altura de planta y 2 grupos para altura de mazorca según la prueba de Tukey, esto indica que hay variabilidad lo que permitirá hacer una selección en cuanto a la necesidades de los productores, ya que en algunos casos se requiere de plantas altas con el fin de utilizarse con doble propósito y plantas pequeñas para altas densidades.

En las variables de acame de tallo que tiene una media de 0.10 y para acame de raíz con una media de 0.42, no se encontraron diferencias estadísticas así como la variable humedad que cuenta con una media de 19.34, lo que indica que estas variables no se utilizaran para hacer selección.

En cuanto a la variable de mala cobertura que se traduce como un problema de pudrición de mazorca por hongo e insectos o bien el germinado de grano por la lluvia, se tiene una media de 8.27 por ciento con valores mínimos y máximos de

0 por ciento a 28 por ciento respectivamente con 4 grupos estadísticos en el cual se seleccionaran aquellos que tengan el valor mínimo o más cercano a cero.

Unos de los aspectos más importante para el mejorador es seleccionar las plantas y mazorcas con base a una escala, para ello se tomó la variable de calificación de planta y mazorcas donde se tiene una media de 5.24 y 5.22 con valores mínimos y máximos 2.5 a 8.5 en calificación de planta y de 3.5 a 8 en calificación de mazorca. se formaron 2 grupos estadísticamente diferentes para calificación de planta y 3 grupos para calificación de mazorca donde fácilmente podemos seleccionar los híbridos con los mejores atributos.

En cuanto a la variable de rendimiento es de importancia recalcar que es un carácter de mucha importancia para el mejorador, así como, también para el productor. Se buscan híbridos con buen rendimiento que compitan o superen a los híbridos comerciales, dicha variable tiene una media de 14.79 t ha⁻¹ con valores mínimos y máximos de 8.65 t ha⁻¹ a 21.706 t ha⁻¹ en el cual se formaron 4 grupos estadísticamente diferentes lo que permitirá hacer selección.

El peso hectolítrico es un componente muy importante ya que existe relación directa con el rendimiento, la variable tiene una media de 72.431 kg/hl con un mínimo y máximo de 65.95 kg/hl a 76.5 kg/hl y para esa variable se formaron dos grupos estadísticos donde se eligieron los de mayor peso.

El análisis anterior demuestra que los híbridos experimentales son estadísticamente diferentes para las variables estudiadas, sin embargo, al tener que considerar un gran número de variables dificulta la selección por lo que se tiene que buscar una metodología de selección adecuada al caso.

El Cuadro 4.2, muestra los resultados obtenidos a partir del análisis de varianza individual realizado para el segundo ambiente de evaluación, en dónde las repeticiones exhiben diferencias significativas al ($P \leq 0.01$) para las variables AP y Humedad, por su parte las características AR y REND, se detectaron al ($P \leq 0.05$), por lo tanto; (Hernández., 2017) menciona que los cambios que

existen se atribuye principalmente a que las repeticiones involucradas no presentan las mismas condiciones climáticas, edáficas y sobre todo al manejo agronómico en particular en cada ambiente de evaluación.

En la fuente de bloques dentro de repeticiones se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para las variables CM, PH y HUM, y diferencias significativas para AP, MCOB, CP y REND, lo que representa que existen diferencias entre bloques dentro de repeticiones y que el diseño utilizado es eficiente.

Mientras tanto para la fuente de variación híbridos, se encontró diferencias estadísticas al ($p \leq 0.01$) en las variables de FM, FH, AP, MCOB, CP, CM, REND, PH y HUM, esto representa la variabilidad en el ensayo, lo que es de gran importancia para el trabajo dado que esta variación, permitirá identificar genotipos consistentes y deseables.

De una manera más detallada se puede concluir lo siguiente, en floración macho y floración hembra se tiene una media de 76.41 días y 77.82 días, respectivamente con un valor mínimo y máximo de 69 días a 83 días en floración macho y 68 días a 84 días en floración hembra, conformados en 9 grupos estadísticos para floración macho y 5 grupos en floración hembra, lo que permitirá hacer selección de materias precoces y tardíos de acuerdo a las necesidades del ambiente o región de producción.

En cuanto a la variable altura de planta se tiene una media de 262.264 cm con un mínimo y máximo de 235 cm a 294 cm en el cual se formaron 10 grupos estadísticos, dicha prueba indica una gran variabilidad en la cual se puede hacer selección.

Para la mala cobertura se tiene una media de 9.37 por ciento con un mínimo y máximo de 0 por ciento a 30.32 por ciento, que se acomodaron en 4 grupos estadísticos, gracias a esto se seleccionaran aquellos en tengan buena cobertura.

Cuadro 4.2. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza individual para 47 híbridos experimentales y tres testigos comerciales, evaluados en el terreno denominado Bajío del campo directo de la UAAAN en el ciclo primavera-verano del año 2018.

F.V.	gl	FM (días)	FH (días)	AP (cm)	AM (cm)	AR (%)	AT (%)	MCO B (%)	FUS (%)	CP (1-9)	CM (1-9)	REND (t ha ⁻¹)	PH (%)	HUM (%)
Repeticiones	1	1.210	0.640	938.81 **	0.004	10.96 *	1.166	3.66	25.65	0.36	0.00	33.36 *	9.30	17.55 **
Bloq /(Rep)	8	1.840	2.538	131.63 *	147.90	4.54	0.837	75.57 *	3.57	0.95 *	0.46 **	12.02 *	11.10 **	2.32 **
Híbridos	49	22.85 **	24.48 **	280.42 **	406.55	2.71	1.345	75.46 **	8.95	1.38 **	2.22 **	35.63 **	11.97 **	3.915 **
Error	41	2.721	3.489	51.873	48.057	2.60	0.922	31.88	9.47	0.51	0.49	6.03	3.41	0.71
C.V. (%)		2.159	2.400	2.742	4.795	278.50	356.92	60.20	209.43	13.14	15.10	15.83	2.56	4.65
Media		76.41	77.82	262.62	144.57	0.580	0.26	9.37	1.47	5.44	4.66	15.51	72.03	18.17
Valor máximo		83.000	84.00	294.00	181.00	4.760	4.12	30.32	8.25	7.00	6.50	26.53	78.15	20.90
Valor mínimo		69.00	68.00	235.0	115.00	0.000	0.00	0.00	0.00	3.50	2.00	5.94	65.90	15.60
Error experimental		1.260	5.504	5.330	5.330	1.233	0.733	4.31	2.35	0.54	0.53	1.87	1.411	0.64

*, **= significativo al $P \leq 0.05$ y altamente significativo al $P \leq 0.01$ de probabilidad; F.V.= Fuentes de variación; BLOQ(REP)= Repeticiones dentro de bloques; C.V.= Coeficiente de variación; E.E.= Error estándar; G.L.= Grados de libertad para el análisis de varianza; FM= Floración macho; FH= Floración hembra; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; AR=Acame de raíz; AT= Acame de tallo; MC= Mala cobertura; FUS= Plantas con fusarium; CP= Calificación de planta; CM= Calificación de mazorca; REND= Rendimiento en t*ha⁻¹ al 15% de humedad; PH= Peso hectolítrico; HUM= Humedad.

Para la calificación de planta y mazorca se tiene una media de 5.44 y 4.66 con un mínimo y máximo de 3.5 a 7 en calificación de planta y 2 a 6.5 en calificación de mazorca, que formaron 2 grupos estadísticos para calificación de planta y 4 en calificación de mazorca según Tukey, se tiene ciertos criterios que nos ayudaran en la selección de los genotipos deseables en este estudio.

El rendimiento es una variable de gran importancia dentro de un programa de mejoramiento para la formación de híbridos, en la cual esta variable presenta una media de 15.51 t ha⁻¹ con un mínimo y máximo de 5.94 t ha⁻¹ a 26.53 t ha⁻¹ que formaron 8 grupos estadísticos.

El peso hectolítrico es muy importante para la comercialización de granos pues se traduce a la cantidad de materia seca de grano, en esta variable se tiene una media de 72.03 con un mínimo y máximo de 65.9 a 78.15 que se encuentran en 6 grupos estadísticos.

La humedad guarda tiene mucha influencia con la precocidad, a mayor humedad menor precocidad en la planta, para esto se tiene una media 18.17 por ciento con una mínima y máxima de 15.60 por ciento a 20.90 por ciento que se encuentran de 7 grupos estadísticos.

Nuevamente se detecta que existe suficiente variabilidad entre las variables estudiadas y entre genotipos lo cual permite afirmar que se rechazan las hipótesis nulas y se aceptan las primeras dos hipótesis planteadas que indican lo siguiente: que existe suficiente variación genética en los híbridos experimentales de la cual podremos hacer selección y habrá diferencias en el comportamiento agronómico de los híbridos experimentales.

Considerando los resultados obtenidos en los análisis de varianza individual de cada experimento, el siguiente paso es analizar y discutir el análisis de varianza combinado, con las mismas variables que permitirá realizar una mejor selección de los genotipos evaluados.

Análisis de varianza combinado a través de años para 47 híbridos simples experimentales y tres testigos evaluados en la UAAAN, durante el 2017 y 2018.

En la fuente de variación, ambientes (años) las variables AP, AM, FUS, CM Y HUM, presentaron significancia estadística al ($P \leq 0.01$), mientras que para las variables FH y REND a presentaron al ($p \leq 0.05$), esto puede explicarse como la variabilidad ambiental presente en cada ambiente de evaluación, lo que indica que el ambiente juega un papel muy importante en la expresión de las características de los materiales en evaluación. (Pérez *et al.*, 2014) mencionan que los componentes principales de la variabilidad cuando se realizan ensayos a través de ambientes en el mismo año son; el clima, la precipitación pluvial, la altitud, ubicación geográfica y el tipo de suelo. Dichas diferencias resultan de gran importancia ya que permiten observar el comportamiento de los híbridos a través de diferentes condiciones ambientales (años), aumentando la efectividad de la selección.

Para repeticiones dentro de ambientes (años) las variables FM, FH, AP, AM, REND Y HUM, mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$), mientras que para la variable CM, fue significativo ($P \leq 0.05$), esto indica el comportamiento diferencial de las repeticiones en cada años de evaluación ya se había evidenciado en la discusión de los análisis individuales.

Para bloques dentro de años, repeticiones, se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para AP y AM y diferencias al ($P \leq 0.05$) para la variable REND, las diferencias encontradas en esta fuente de variación permiten hacer estimaciones más precisas y así identificar genotipos superiores para las características de interés. Estos resultados eran de esperarse dado que el efecto de los bloques se venía exhibiendo en los análisis individuales (Cuadro 4.1 y Cuadro 4.2).

En la fuente de variación híbridos se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para la mayoría de las variables, esta variación puede explicarse debido a la gran variabilidad genética presente en los materiales de estudio, estos resultados son de suma importancia, pues permitirá identificar genotipos superiores de acuerdo a lo que el investigador busca, con estos resultados se acepta la hipótesis planteada: de que existe diferencia en el comportamiento de los híbridos. Las características AR, AT y *Fusarium* no presentaron diferencias demostrando que el comportamiento de los genotipos en estas variables no fue muy grande.

Para la interacción ambiente por híbrido se detectó diferencias al ($P \leq 0.05$) para las variables de AT y REND, lo que indica que las variables cambian de orden relativo a través de ambientes, dichas diferencias suelen deberse al comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes ambientes (Zepeda *et al.*, 2009) mencionan que las condiciones agroclimáticas en cada año de producción agrícola modifica los componentes estructurales de los granos. Para las demás variables no hubo niveles de significancia, indicando que las variables presentan unos comportamientos estables y consistentes a través de los ambientes

Para las variables FM y FH los valores de coeficiente de variación son de 2.305 en floración macho y 2.558 en floración hembra, lo que indica que se encuentra en un rango aceptable y que los datos de estas variables son confiables, se tiene una media de 76.485 días de FM y 78.185 días de FH, con un máximo de 83 días de FM y 84 días de FH, este tipo de material favorece a los productores que se encuentran en regiones donde se presentan precipitaciones altas o existe alguna forma de suministrar humedad artificialmente ya que cubre las necesidades de riego durante su ciclo de producción, mientras que para los mínimos en FM es de 69.5 días y 70.7 días en FH, este material es precoz y los productores que cuentan con sistemas de riego son beneficiados ya que pueden sembrar dos ciclos en un mismo año, los datos de estas variables fueron tomados en días a floración.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para 13 variables, con 47 híbridos experimentales y tres testigos comerciales evaluados en los ciclos 2017 y 2018.

F.V.	gl	FM (días)	FH (días)	AP (cm)	AM (cm)	AR (%)	AT (%)	MCOB (%)	FUS (%)	CP (1-9)	CM (1-9)	REND (t ha ⁻¹)	PH (vol.)	HUM (%)
Ambientes	1	1.12	26.64 *	19255.06 **	9403.69 **	1.62	1.44	64.98	262.20 **	2.00	15.6 **	25.776 *	7.9162	69.03 **
Rep/(Amb)	2	32.60 **	41.725 **	3207.40 **	1260.02 **	8.09	1.10	13.25	44.72	0.90	2.88 *	42.343 **	7.754	8.94 **
Bloq /(Amb*Rrep)	16	3.33	4.374	233.10 **	325.20 **	4.379	0.71	51.16	8.30	1.53	1.03	10.051 *	7.065	1.73
Hib	49	37.96 **	40.995 **	489.90 **	513.00 **	3.926	0.91	159.40 **	19.29	3.06 **	3.75 **	44.184 **	15.90 **	7.50 **
Amb*Hib	49	2.58	3.827	65.59	89.66	3.007	1.03 *	40.07	18.81	1.68	1.04	9.063 *	5.32	1.36
Error	82	3.10	4.001	70.72	80.21	3.643	0.65	32.96	16.35	1.118	0.63	5.466	4.62	1.54
TOTAL	199													
C.V.		2.30	2.558	3.32	6.503	381.748	437.97	64.94	154.06	19.80	16.07	15.430	2.97	6.626
Media		76.48	78.185	252.81	137.71	0.5	0.18	8.84	2.62	5.34	4.94	15.151	72.23	18.76
Máxima		83.00	84.75	276.75	168.75	5.5	2.25	28.5	9.75	7.5	7.25	24.12	76.7	22.05
Minima		69.5	70.75	224.	109.75	0	0	1	0	3.25	2.75	7.373	67.35	15.67
E.E		0.951	1.07	4.53	4.831	1.029	0.43	3.09	2.181	0.57	0.428	1.261	1.16	0.67

*, **= significativo al $P \leq 0.05$ y altamente significativo al $P \leq 0.01$ de probabilidad; F.V.= Fuentes de variación; AMB.= Ambientes; REP(AMB).= Repeticiones dentro de ambientes ; BLOQ(AMB,REP)= Bloques dentro de ambientes por repeticiones; HIB.= Híbridos; AMB*HIB.= Ambiente por híbrido; C.V.= Coeficiente de variación; E.E.= Error estándar; GL.= Grados de libertad para el análisis de varianza; FM.= Floración macho; FH.= Floración hembra; AP.= altura de planta; AM; altura de mazorca; AR.=Acame de raíz; AT.= Acame de tallo; MCOB.= mala cobertura; FUS.= Plantas con fusarium; CP.= Calificación de planta; CM.= Calificación de mazorca; REND. Rendimiento en t ha⁻¹; PH.= Peso hectolitro; HUM.= Humedad.

Para las variables AP y AM el coeficiente de variación es bajo, lo que significa que es confiable, se tiene una media de 252.8 cm en AP y 137.7 cm en AM, en los valores máximo para AP es de 276.7 cm y 168.7 cm en AM, por la altura de estos materiales los productores lo utilizan con doble propósito para forraje y para grano y en los mínimos 224.5 cm para AP y 109.7 cm de AM, este material se utiliza con mayor éxito en densidades de siembras altas.

Para las variables AR, AT, MCOB Y FUS, el coeficiente de variación es muy alto debido a que no tienen una distribución normal, por lo que el error estándar se puede utilizar para estimar que los datos son confiables y se puede hacer un índice de selección con estas variables, estos datos fueron estimados en porcentajes de acuerdo al total de plantas establecidos en el experimento.

En cuanto a la variable calificación de planta se tiene un C.V. bajo lo que indica que los datos estimados son confiables y que existe variabilidad entre ellos, los errores estándar indican que hay precisión en la medida y que son confiables, para esta variable las calificaciones fueron tomados del 1 al 9 siendo el 9 el mejor material y el 1 el peor.

El C.V. de calificación de mazorca es bajo y aceptable, en cuanto a la medición de estas variables se tiene una máxima de 7.25 y una mínima de 2.75 lo que representa que hay gran variabilidad en los materiales en evaluación en cuanto a estas variables, las calificaciones se tomaron en un rango de 1 a 9 siendo el 9 el mejor material y el 1 el peor.

Para la variable de rendimiento se tiene un coeficiente de variación bajo por lo que es aceptable, se tiene un máximo de 24.12 t ha⁻¹ y una mínima de 7.37 t ha⁻¹. Esta variable es de gran importancia para el mejorador así como también para el productor, ya que se busca un híbrido que tenga buen rendimiento, porte, precocidad y libre de enfermedades.

En la variable PH el C.V. es adecuado el cual se encuentran en el rango de confiabilidad, los materiales con alto peso hectolítrico son de gran importancia para el mejorador ya que esta variable está asociada con el rendimiento.

Con los resultados del análisis de varianza combinado el siguiente procedimiento es visualizar el agrupamiento natural existente entre las variables, para construir un índice de selección con las variables adecuadas generado con el modelo efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI); por otra parte, se menciona que AMMI permite determinar el efecto del genotipo, el ambiente y de la interacción de las variables (Quevedo, 2018).

Agrupamiento natural de las variables

Para conocer el agrupamiento natural de las variables se utilizó el modelo AMMI y con su gráfico Biplot, generado con 50 híbridos en atención a 13 variables figura 4.1, al respecto se menciona que permite apreciar semejanzas y diferencias entre variables de acuerdo con (Tamayo *et al.*, 2012).

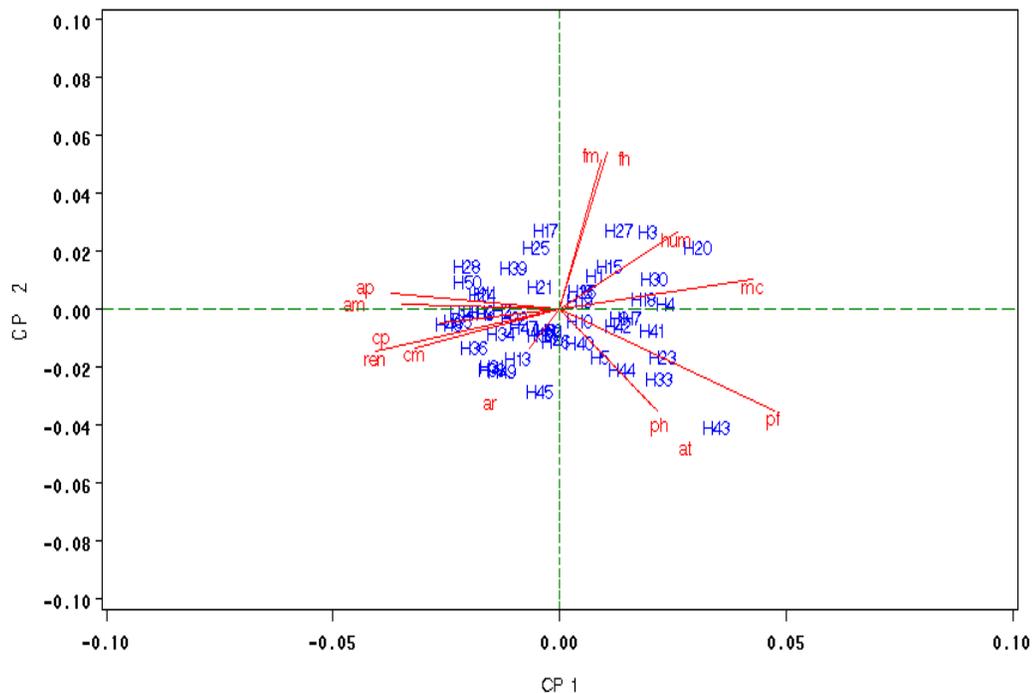


Figura 4.1. Gráfico Biplot generado a partir de 13 variables (FM= Floración macho; FH.= Floración hembra; AP.= altura de planta; AM; altura de mazorca; AR.=Acame de raíz; AT.= Acame de tallo; MC.= mala cobertura; FUS.= Plantas con fusarium; CP.= Calificación de planta; CM.= Calificación de mazorca; REND. Rendimiento en t ha¹; PH.= peso hectólitrito; HUM.= humedad) medidas en 50 híbridos de maíz evaluados en dos ambientes en el 2017 y 2018. CP1 y CP2= Primer y segundo componente principal.

En el primer agrupamiento, se observan las variables floración macho, floración hembra, humedad y mala cobertura, en este cuadrante se posicionan las variables que se asocian con la precocidad en la que se seleccionó la variable humedad a la cosecha ya que se busca generar materiales precoces y esta representará y hará una respuesta correlacionada con las de más variables de este grupo.

En el segundo agrupamiento se observan las variables que se asocian con sanidad y fueron plantas con fusarium, acame de raíz y peso hectolítrico en este caso se seleccionó la variable de peso hectolítrico por la correlación que existe entre ellas y ya que el investigador busca materiales sanos y con alto rendimiento.

El tercer agrupamiento podemos observar el resto de las variables la cual está conformado por: acame de raíz, calificación de mazorca, calificación de planta, rendimiento, altura de planta y mazorca. En este grupo se ubican las variables asociadas con el porte de los materiales; se tomó la variable calificación de planta para considerarlo en la construcción del índice de selección, ya que se buscan híbridos de buen porte, esta variable representará a todas las variables de este grupo.

En general el gráfico permitió identificar las variables que mejor representan la variabilidad dentro de cada agrupamiento y las expectativas es que en un índice de selección exista una respuesta correlacionada con el resto de las variables del grupo, cuando se selecciona un carácter como medio para mejorar otro, deberá considerarse, el grado de asociación del carácter por mejorar (Tucuch *et al.*, 2011).

Con los resultados obtenidos de las tres variables identificadas en cada agrupamiento del gráfico Biplot se procedió a hacer el índice de selección a través del modelo descrito por Barreto *et al.*, (1991), para seleccionar de manera más eficiente y como indica Barreto, se clasificó a cada variables de

acuerdo a su importancia económica, lo que permitió asignar metas e intensidades para cada variable involucrada en este IS.

La meta con valores estandarizados de selección (se mueven de -3 a 3) asignada a cada variable calificación de planta 2.4; peso hectolítrico 2.03 y humedad -2.25.

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. En este experimento la intensidad que se asignó a cada variables fueron las siguientes: calificación de planta 10; humedad 9 y peso hectolítrico 8.

Análisis de varianza del índice de selección.

El siguiente paso fue estimar los índices de selección por ambientes y repeticiones para poder así realizar una base de datos para la generación de un ANVA utilizando como variable de respuesta los IS de los 47 híbridos experimentales y 3 testigos, con el objetivo de comprobar la variación que existe entre los genotipos evaluados y utilizar el valor de los índices de selección como criterio de discriminación cuyos resultados se muestran en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Resultados del análisis de varianza del índice de selección combinado de dos ambientes.

FUENTE DE VARIACION	GL	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	Pr >F	
Amb	1	1.230096	1.23	0.6606	
Rep (amb)	2	14.43	7.52	0.2782	
Hib	49	23.66	23.66	<.0001	**
amb*hib	49	6.02	6.35	0.6138	
ERROR	148	6.515			
TOTAL	199				
EE				2.55	
CV				23.31	
MEDIA				10.94	

*, **= significativo al $P \leq 0.05$ y altamente significativo al $P \leq 0.01$ de probabilidad; F.V.= Fuentes de variación; Amb.=Ambientes; Rep (amb).= Repeticiones dentro de ambientes; Hib.= Híbridos; ambientes por híbridos.; C.V.= Coeficiente de variación; E.E.= Error estándar; GL.= Grados de libertad para el análisis de varianza.

Fue posible hacer este análisis gracias a que se hicieron estimaciones de los índices de selección por repetición dentro de cada ambiente y ello facilita hacer una más adecuada identificación de los híbridos con mejor valor al mérito otorgado por el índice de selección, que en este caso verá favorecidos a los híbridos que muestren los valores más cercanos a cero ya que son los que están más cercanos al prototipo ideal

Del Cuadro 4.4. se destaca que en los cuadrados medios de la fuente de variación ambiente, repetición dentro de ambiente y ambiente por híbrido no se observa significancia, con ellos concluimos que los ambientes y las repeticiones no influyeron de manera significativa en comportamiento de los índices de selección de los híbridos.

Para fuentes de variación híbridos se muestran diferencias estadísticas al ($P < 0.01$), lo que representa que los índices de selección de cada híbrido se expresaron de manera diferente de acuerdo al fondo genético que presenta cada uno, lo cual permite realizar la selección de los materiales. (Cahuare, 2011), menciona que los valores de un IS en donde se agrupan diferentes características es muy difícil que todos los materiales se comporten y/o expresen de igual manera.

Índice de selección.

Durante la realización del análisis de varianza y con ayuda de la suma de dos veces el error estándar, agregándole al primer valor del índice más bajo, se procedió a seleccionar aquellos híbridos que se encontraban en ese rango, donde se identificaron ocho híbridos (6 experimentales y 2 testigos), en el Cuadro 4.5 se presentan estos híbridos, en donde se lee de arriba hacia abajo en base al índice de selección más bajo.

Cuadro 4.5. Híbridos seleccionados mediante el índice de selección más dos veces el error estándar.

HIB	IS	FM (días)	FH (días)	AP (cm)	AM (cm)	AR (%)	AT (%)	MCOB (%)	FUS (%)	CP (1-9)	CM (1-9)	REND t ha ¹	PH (%)	HUM (%)
36	5.237	75	76	261.52	149.7	1	0	6	1	7	5	17.88	74.63	17.00
37	6.382	78	79	257.03	146.7	0	0	5	5	6	6	16.48	75.76	17.78
14	7.276	77	79	262.50	142.2	1	0	9	0	6	6	21.09	72.37	17.28
45	7.348	70	71	251.13	134.3	0	0	3	3	5	6	14.39	74.58	17.75
3052	7.428	72	73	258.76	137.2	0	0	6	2	6	5	17.96	74.23	17.11
13	7.488	74	76	249.18	135.2	0	0	1	4	5	6	18.86	73.12	16.90
38	7.673	73	74	249.68	146.6	0	0	8	2	6	6	18.46	74.26	15.53

HIB.= Híbridos; IS.= Índices de selección; FM.= Floración macho; FH.= Floración hembra; AP.= altura de planta; AM; altura de mazorca; AR.=Acame de raíz; AT.= Acame de tallo; MCOB.= Mala cobertura; FUS.= Plantas con fusarium; CP.= Calificación de planta; CM.= Calificación de mazorca; REND. Rendimiento en t ha¹; PH.= peso hectolitrito; HUM.= Humedad.

El híbrido 36 generado de la crucea, (V524xM22)XM8-2-B] X [(S3x28xM42)xM42]-1-B], es el mejor híbrido con menor valor de índice de selección (5.23) siendo este uno de los mejores híbridos buscado por el mejorador en base al IS, de acuerdo a (Barreto *et al.*, 1999). Este genotipo tiene características deseadas, este tipo de material puede utilizarse con doble propósito tanto como para forraje y para grano si así lo desea el productor ya que es un material alto de buen porte, libre de acames de raíz y tallo.

En el segundo lugar se encuentra el híbrido 37 generado por la crucea; (V524xM22)XM8-2-B] X [(M7xV524)xM7]-1], con un índice de selección de 6.382, este material favorece a los productores que se encuentran en regiones donde se presentan precipitaciones altas o existe alguna forma de suministrar humedad que cubra las necesidades de riego durante su ciclo de producción ya que es un material tardío, libre de acames de raíz y tallo, con cierto porcentaje de mala cobertura y *fusarium*, con buen porte de planta.

El en tercer lugar se posiciona el híbrido 14; (M47xLC) x LC}-1-B)] X [PE212], con 7.276 de IS, este híbrido es poco tardío, libre de acame de raíz y tallo, así como también libre de enfermedades de *fusarium*, con cierto porcentaje de mala cobertura en la cual se puede seguir mejorando, es de buen porte agronómico con rendimiento de 21.09 t ha¹, superando a los testigos 3252 y AN447, el cual es de buen gusto para como para el productor por su alto rendimiento.

El híbrido 45 generado por la crucea: (E174XE94)XM42xM42-2-B] X [], se encuentra en el cuarto lugar con un valor de IS 7.348, este es un material precoz con altura promedio, libre de acame de raíz y tallo con cierto porcentaje de mala cobertura y *fusarium*, seleccionado en base a su índice de selección

El híbrido 3052 se posiciona en el quinto lugar con un índice de selección de 7.428 este híbrido es un experimental cuyo material es un poco precoz, con altura promedio, libre de acames y con ciertos porcentajes de mala cobertura y *fusarium* con un rendimiento de 17.11 t ha⁻¹.

El híbrido 13 que está formado por la cruce; (M47xLC)x LC}-1-B)] X [(LE7-AAxM29)xM8-1-B], con un IS de 7.488, que está libre de acames y mala cobertura, presenta cierto porcentaje de *fusarium*, con un rendimiento de 18.86 t ha⁻¹ superior a los testigos 3052 y AN447, es un material de buen comportamiento agronómico.

En el séptimo lugar se encuentra el híbrido 38 proveniente de la cruce (V524xM22)xM8-2-B] X [M47], con valor de 7.673 de IS, es un genotipo con altura promedio, libre de acames de raíz y tallo aunque presenta cierto porcentaje de mala cobertura es un material de buen comportamiento agronómico con 18 t ha⁻¹ este tipo de híbrido fue seleccionado en base al criterio del índice de selección.

De esta manera se observa que existen híbridos experimentales con índices de selección más bajo que los testigos y que presentaron ciertas características importantes para el mejorador, así como también para el productor, una de ella es el rendimiento, precocidad y buen porte de planta.

El índice de selección permitió separa genotipos con base a las características de varios caracteres y la selección de los híbridos superiores a los testigos.

V. CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias estadísticas entre las variables, esto permitió realizar una selección adecuada en los genotipos.

Además se comprobó la existencia de variabilidad en el comportamiento de los híbridos experimentales.

Los híbridos experimentales superiores identificados con la ayuda de un índice de selección fueron los siguientes: híbrido 36, híbrido 37 e híbrido 14, presentan las características deseadas de buen potencial de rendimiento, con una altura promedio de planta, de buen porte, libres de enfermedades de *fusarium* y acame de tallo y raíz.

VI. LITERATURA CITADA

- BALDERRAMA C. S., RON P. J., SÁNCHEZ G.J.J., RODRÍGUEZ, G. E. Y ADOLFO, U. S.** (2016). Formación de un patrón heterótico con líneas templadas y tropicales de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.7 núm.3 pág. 521-530.
- CAHUARE R. C.** (2011). Dirección de retrocruzadas y dosis óptima de germoplasma para derivar líneas elite en maíz. Universidad autónoma agraria Antonio narro. Maestro en ciencias en fitomejoramiento
- CAICEDO M., A, VILLAVICENCIO, P., Y SALTOS, E.** (2017) Aptitud combinatoria general y específica de líneas puras de maíz amarillo duro y selección de híbridos simples. *Revista científica ecuatoriana*, Vol. 4.
- CAMPOSECO M. N., ROBLEDO T. V., VALDEZ A. L. A., RAMÍREZ, G. F., MENDOZA, V. R. Y BENAVIDES, M. A.** (2015). Estimación de la aptitud combinatoria en poblaciones de tomate de cascara. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. Vol.6 núm. 3 pág. 437-451
- CANALES, I. E.I., TADEO, R. M., MEJÍA. C. J. A., GARCÍA. Z. J. J., ESPINOSA, C. A., CASTILLO, G. F., SIERRA, M. M. y GÓMEZ, M. N.** (2016). Estabilidad del rendimiento de grano en híbridos trilineales androesteriles de maíz para Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.7 núm.8 pág. 1815-1827.
- CERÓN, R., JESÚS J., SAHAGÚN, C. J.** (2005). Un índice de selección basado en componentes principales. *Agrociencia*, Vol. 39, núm. 6, 2005, pág. 667-677 Colegio de postgraduados Texcoco, México.
- GAYTA, B. R., MAYEK, P. N.** (2010). Heterosis en híbridos de maíz producidos de cruzamientos entre progenitores de valles altos x tropicales. *Investigación y ciencia*. Investigación y ciencia de la universidad autónoma de Aguascalientes. Núm. 48 pág. 4-6.
- GONZÁLEZ, M. J., LÓPEZ S. J.A., ESTRADA D. B., DELGADO M. R, PECINA, M. J. A, VARELA, F. E.S., OSORIO, H. E. Y ROCANDIO R. M.** (2016). Parámetros genéticos y heterosis en líneas derivadas de

poblaciones nativas de maíz tropical de Tamaulipas. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Vol.7, núm. 2 pág. 387-399.

GUILLEN, D. C. P., DE LA CRUZ, L. E., CASTAÑÓN, N. G, OSORIO, O. R, BRITO, M. N. P., A. LOZANO, D-R. A Y LÓPEZ, N. U. (2009). Aptitud combinatoria general y específica de germoplasma tropical de maíz. Tropical and subtropical agroecosystems. Pág. 101 – 107

HERNÁNDEZ, A. E. (2017). Formación de una población de maíz enano adaptada al bajío mexicano, a partir de líneas con favorables efectos de aptitud combinatoria y buen desempeño agronómico. Maestro en ciencias en fitomejoramiento. Universidad autónoma agraria Antonio narro.

LEDESMA, M. A., RAMÍREZ D. J.L., VIDAL M. V. A., PEÑA R. A., RUIZ C. J.A., SALINAS, M. Y. Y PRECIADO O. R. E. (2015). Propuesta para integrar un patrón heterótico de maíz de grano amarillo para la zona de transición de México. ii. evaluación de mestizos y cruces. Revista. Fictotec.Mex. Vol. 38 (2). pág. 133-143.

LÓPEZ, M. F., VÁZQUEZ, C. M. G., MOLINA, G J.D., GARCÍA, Z.J., CORONA T.T., CRUZ, I.S., LÓPEZ, R.G., REYES, L.D., y ESQUIVEL, E. G. (2017). Interacción genotipo-ambiente, estabilidad del rendimiento y calidad de grano en maíz tuxpeño. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Vol.8 núm.5 pág. 1035-1050.

LOZANO, R. A., SANTACRUZ, V.A., SAN VICENTE, G. F., CROSSA. J., BURGUEÑO, J. y MOLINA, G. J.D. (2015). Modelación de la interacción genotipo x ambiente en rendimiento de híbridos de maíz blanco en ambientes múltiples. Rev. fitotec. mex. Vol. 38 (4) pág. 337–347.

MÁRQUEZ, F.L. (2015). Evaluación de un diseño en lattice square como alternativa a los métodos actuales en la mejora de líneas de arroz. Universidad politécnica de valencia. Tesis doctoral. Disponible en línea: <file:///C:/Users/HP/Documents/articulos%20maiz/Lattice%20Square.pdf>. Consulta 14/11/18.

- MACROBERT, J.F., SETIMELA P., GETHI J. Y WORKU, R.M.** (2014). Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México. CYMMYT.
- PANORAMA AGROALIMENTARIO.** (2016). Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. Disponible en: <file:///C:/Users/HP/Documents/articulos%20maiz/introdu.pdf>. Consultado 17/11/18.
- PÉREZ, L. D. J., GONZÁLEZ, H. A., FRANCO, M O., RUBÍ, A. M., RAMÍREZ, D. J.F., CASTAÑEDA, V. A. y AQUINO, M. J. G.** (2014). Aplicación de métodos multivariados para identificar cultivares sobresalientes de haba para el estado de México, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.5 pág. 265-278.
- QUEVEDO, B. G. E.** (2018). Aplicación del modelo estadístico AMMI como método de selección en mejoramiento de plantas de cultivos anuales. Universidad politécnica Pereira UTP. Magister en investigación operativa y estadística. Disponible en línea: <file:///C:/Users/HP/Documents/articulos%20maiz/ammi.pdf>
- RAMÍREZ, D. J. L., LEDESMA M. A., VIDAL, M. V.A., GÓMEZ M. N.O, RUIZ C. J. A., VELÁZQUEZ C. G. A., RON P. J., SALINAS M. Y. Y NÁJERA C. L. A.** (2015). Selección de maíces nativos como donadores de características agronómicas útiles en híbridos comerciales. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 38 (2) pág. 119 – 131
- RAMÍREZ, D. J.L., VIDAL M. V.A., LEDESMA, M A., CHUELA, B. M., PEÑA, R. A., RUIZ C. J. A. Y RON, P. J.** (2013). Propuesta para integrar un patrón heterótico de maíz de grano amarillo para la zona de transición de México. i. método y formación de poblaciones. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 36 (3) pág. 189 – 199.
- RESTREPO, G., PIZARRO, E. J., QUIJANO, J.,...** (2008). Índices de selección y niveles independientes de descarte para dos características productivas y reproductivas en un hato holstein (bos taurus). Rev colomb cien pecu, pág. 239-250.

- SÁNCHEZ, R. F.J., MENDOZA C. M C., MENDOZA, R. M., CASTILLO, G. F., CRUZ, I. S., CASTRO N. S. Y MOLINA, G. J. D.** (2017). Aptitud combinatoria de líneas endogámicas para la producción de híbridos de maíz (zea mays l.) de cruce simple en condiciones de riego. *Agrociencia*. Vol. 51. Núm. 4. pág. 393- 407.
- SCHWEMBER, A., CONTRERAS S.** (2011). Su importancia para la producción agrícola. *Agronomía y forestal* n° 42.
- SOARES DE LIMA, J.M., PRAVIA, M.I., RAVAGNOLO, O., Y MONTOS, F.** Índice de selección para la cría: “una nueva herramienta disponible en uruguay para seleccionar reproductores por su mérito económico en la raza hereford”
- SIAP.** (2016). Planeación agrícola nacional 2017-20130. Disponible en: <file:///C:/Users/HP/Documents/articulos%20maiz/introduccion.pdf>
Consultado 16/11/18.
- SIERRA, M. M., RODRÍGUEZ, M. F. A., PALAFOX, C. A., ESPINOSA C. A., ANDRÉS, M. P., GÓMEZ, M. N. O., VALDIVIA, B. R.** (2016). Productividad de semilla y adopción del híbrido de maíz h-520, en el trópico de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*.
- TADEO, R. M., ZARAGOZA E. J., ESPINOSA C. A., TURRENT F. A., ZAMUDIO. G. B., VIRGEN V. J., MORA GARCÍA K., Y VALDIVIA B. R.** (2016). Productividad de la generación f1 y f2 de híbridos de maíz (zea mays l.) de valles altos de México. *Agrociencia* 50: pág. 33-41.
- TAMAYO, I. M., PUCHADES, I. Y., RODRÍGUEZ, G. R., GONZÁLEZ. H. R., SUÁREZ.H.J., ALFONSO T.I., RODRÍGUEZ L.E & ECHAVARRÍA M.** (2012). Modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa aplicado a la evaluación de la roya parda de la caña de azúcar. *Fitosanidad* 16(3). pág. 129-135.
- TUCUCH, C. C. A., RODRÍGUEZ H. S. A., REYES, V. M. H., PAT, F. J. M., TUCUCH, C. F. M., y CÓRDOVA, O. H. S.** (2011). Índices de selección para producción de maíz forrajero. *Agronomía mesoamericana* 22(1): pág.123-132.

- VARGAS, E. E. A., VARGAS, S. J. E., y BAENA, G. D.** (2016). Análisis de estabilidad y adaptabilidad de híbridos de maíz de alta calidad proteica en diferentes zonas agroecológicas de Colombia. Acta agron. 65 (1) pág. 72-79.
- VIRGEN, V. J., ZEPEDA B. R., ÁVILA P M. A., ROJAS, M. I., ESPINOSA C. A. Y GÁMEZ, V. A. J.** (2016). Desespigamiento en cruzas simples progenitoras de híbridos de maíz (zea mays l.) para valles altos de México. Agrociencia. Vol.50 núm. 1 pág. 43-59.
- VÉLEZ, T. M., GARCÍA, Z. J.J., LOBATO, O. R., BENÍTEZ, R. I., LÓPEZ, R. J. J., MEJÍA C. J. A Y ESQUIVEL E. G.** (2018). Estabilidad del rendimiento de cruzas dialélicas entre líneas de maíz de alta y baja aptitud combinatoria general. Revista fitotecnia México. Vol 41. núm. 2. pág. 167-175.
- WILLIAMS, A.H., PECINA, Q.V., ZAVALA, G.F., MONTES, G.N., GÁMEZ, V. J. A., ARCOS, C. G., GARCÍA, G. M. A., MONTES, H. S. y ALCALÁ, S. L.** (2010). Modelo de finlay y wilkinson vs. el modelo ammi para analizar la interacción genotipo-ambiente en sorgo. Rev. fitotec. mex. Vol. 33 (2): pág. 117 – 123.
- YÁÑEZ, C. L. F.** (2005) Índices de selección: sugerencias para su utilización. manual de ganadería de doble propósito. pág. 106-110.